



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Öljyanalyysin hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa

Jonna Valo

Opinnäytetyö, kesäkuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2024
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Jonna Valo

Nimeke
Öljyanalyysin hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa

Toimeksiantaja
Konecranes Oyj

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa öljyanalyysit uudelleen käyttöön Konecranes Oyj:n Joensuun toimipisteessä. Opinnäytetyössä tavoitteena oli tietoperustan avulla lisätä tietoisuutta öljyanalyyseistä. Tähän sisältyi mitä ne ovat, mihin niitä käytetään, käytetyt välineet, mitkä ovat tulokset, hyödyt nykyiseen öljynvaihtotapaan verrattuna ja miten tätä hyödynnetään mahdollisena osana ennaltaehkäisevää kunnossapitoa.

Tietoperustassa tarkasteltiin öljyn ominaisuuksia ja ominaisuuksia, öljyongelmia ja lisäaineita, joita käytetään öljyn ominaisuuksien parantamiseen. Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös puhtausstandardeja, joita noudatetaan öljyanalyysien suorittamisessa. Opinnäytetyössä käsiteltiin lisäksi kunnossapitoa yleisesti, sen kehitystä, menetelmiä ja eri kunnossapitolajeja. Eriteltynä tarkasteltiin ennakoivaa kunnossapitoa, johon työssä tehtäviä öljyanalyyseja haluttiin hyödyntää.

Opinnäytetyön tuloksena vahvistettiin, että öljyanalyysien hyödyntäminen mahdollistaa ekologisemman ja kustannustehokkaamman ylläpidon. Todettiin myös, että suuremmilla koneilla öljyanalyysejä suositellaan käytettäväksi osana ennaltaehkäisevää huoltoa aikaisempaan toimintamalliin verrattuna. Pienemmille koneille analyysit eivät tuota haluttuja kustannuksia alentavia tuloksia, joten niitä ei suositella.

Kieli
suomi

Sivuja 46

Asiasanat
Öljyanalyysi, kunnossapito, öljy



THESIS
June 2024
Degree Programme in Mechanical Engineering
Tikkariinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Jonna Valo

Title
Using Oil Analysis in Preventive Maintenance

Commissioned by
Konecranes Oyj

Abstract

The purpose of this thesis was to reintroduce oil analyses to the Joensuu office of the Konecranes Oyj. In the thesis, the goal was to, with the help of literature reviews, increase awareness of oil analyses. This included what they are, what they are used for, the instruments used, what the results are, the benefits compared to the current way of doing oil changes, and how to utilize this as a possible part of preventive maintenance.

The literature reviews used examined oil qualities and properties, oil issues and additives that are used to improve oil properties. The thesis also examined the purity standards that are followed in performing oil analyses. The thesis also covered maintenance in general, its development, methods and the different types of maintenance. Preventive maintenance was examined in detail, for which the oil analysis performed in this work were to be used.

As a result of the thesis, it was confirmed that utilization of oil analyses enables more ecological and cost-effective maintenance. It was also confirmed that it is recommended to use oil analyses for larger machines as a part of preventive maintenance compared to the earlier operating model. For smaller machines, the analyses do not produce the wanted cost-reducing results and are therefore not recommended.

Language
Finnish

Pages 46

Keywords
oil analysis, maintenance, oil

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön aihe	5
1.2	Konecranes Oyj	6
1.3	Konecranes Finland Oyj:n Joensuun huoltopalvelut	7
1.4	Opinnäytetyön toimeksianto	8
1.5	Opinnäytetyön rajaus	8
1.6	Opinnäytetyön tavoitteet	9
2	Öljy teollisuudessa	10
2.1	Käyttökohteet ja käyttötarkoitus	10
2.2	Laadut ja ominaisuudet	11
2.3	Lisäaineet	13
2.4	Öljyn ongelmat	13
3	Kunnossapito	16
3.1	Teollisuuden kunnossapito	16
3.2	Kunnossapidon kehitys ja menetelmät	17
3.3	Kunnossapitolajit	18
3.4	Öljyn kunnossapito	20
3.5	Öljyn kunnonvalvontamenetelmät	21
4	Ennakoiva kunnossapito	24
4.1	Yleisesti	24
4.2	Ennakoivan kunnossapidon menetelmät	25
4.3	Hyödyt ja heikkoudet	25
4.4	Tulevaisuus	26
5	Öljyanalyysi	27
5.1	Öljyanalyysin tarkoitus	27
5.2	Standardit	28
5.3	Mittaustavat	32
5.4	Näytteenottaminen ja välineet	34
5.5	Analyysin odotettuja hyötyjä	36
6	Analyyseihin valittavat koneet	37
6.1	ExactCut TAC 105	37
6.2	Automaattisorvi INDEX G220	39
7	Kustannusten vertailu	39
8	Tulokset	40
8.1	Yleisesti	40
8.2	Pyörösahan tulokset	41
8.3	Automaattisorvin tulokset	42
9	Pohdinta	43
	Lähteet	46

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön aihe

Ennakoivalla kunnossapidolla voidaan usein säästyä kalliilta kustannuksilta, joita koneiden rikkoutumisesta seuraa. Kun koneet huolletaan asianomaisesti määräajassa ja ennakoiden, saadaan paras tulos niin asiakkaan kuin kunnossapitofirman kannalta ja löydetään tasapaino huoltoaikojen välille. Tiedossa oleva usein vikaantuva osa voidaan vaihtaa jo ennen sen särkymistä, kun kunnossapito tapahtuu suunnitelmallisesti ja ennakoivasti, säästyen mahdollisilta muilta lisäkuluilta tai osan rikkoutumisesta aiheutuvilta vahingoilta.

Tämä opinnäytetyö käsittelee, kuinka öljyanalyysia voidaan hyödyntää osana ennakoivaa kunnossapitoa. Se käsittelee asioita, joita öljyanalyysi sisältää, minkälaisia asioita sen toteuttamisessa tulee ottaa huomioon ja minkälaisia hyötyjä siitä voidaan saada. Työssä tarkastellaan öljyanalyysin lisäksi kunnossapitomenetelmiä, öljyn laatuja ja ominaisuuksia, ennakoivaa kunnossapitoa

Toimeksiantaja opinnäytetyölle on Konecranes Oyj, jonka Joensuun toimipisteelle on tavoitteena tutkia ja toteuttaa öljyanalyysin hyödyntämistä yhtenä ennakoivan kunnossapidon työkaluna. Kyseisellä yrityksen osastolla on tarkoituksena ottaa takaisin öljyanalyysien hyödyntäminen osaksi ennakoivaa kunnossapitoa ja palveluitaan. Öljynvaihto on toteutettu koneen ohjekirjan mukaisesti, esimerkiksi vuoden tai puolen vuoden välein ja se on suoritettu koneen kokonaisvaltaisen vuosi- tai puolivuosi- huollon yhteydessä. Opinnäytetyössä tutkitaan ja selvitetään, onko kyseinen öljynvaihtoväli todellisuudessa tarpeellinen vai riittäisikö öljynvaihto esimerkiksi joka toinen vuosi tai vaihtoehtoisesti jopa tiheämpään tahtiin. Opinnäytetyössä kerrotaan laajasti, mikä öljyanalyysi on, minkälaisia tuloksia analyysista saadaan ja mihin sitä pääsääntöisesti hyödynnetään. Opinnäytetyössä käsitellään ennakoivaa kunnossapitoa sekä kerrotaan öljystä ja sen vikaantumisesta.

1.2 Konecranes Oyj

Konecranes Oyj on suomalainen osakeyhtiö, jonka kotipaikkana toimii Hyvinkää. Sen toimitusjohtajana on Anders Svensson (Konecranes 2023a, 4). Se on yksi maailman johtavista nostureiden valmistajista ja laajaa asiakaskuntaa palveleva huolto- ja kunnossapitoyritys. Palveluja on saatavilla valmistus- ja prosessiteollisuuteen, telakoille, satamiin ja terminaaleihin. (Konecranes 2023a, 24.)

Konecranes Oyj on perustettu vuonna 1994, kun sähkömoottoreiden korjaamiseen erikoistunut, vuonna 1910 vuonna perustettu KONE Oy myi kaikki hissitoimintaan kuulumattomat toimintonsa osana rakennusuudistusta. Konecranes on ollut NASDAQ OMX Helsinki Pörssissä vuodesta 1996 lähtien. (Konecranes. 2024a.) Muutamia tärkeimpiä KONE Oyj:n aikaisia ja sen jälkeisiä tärkeimpiä tapahtumia ovat muun muassa 1930-luvulla sähköisten nostimien kehittäminen ja 1940 vuonna Hyvinkäälle laajentaminen, aikaisemmin toimintaa oli pelkästään Helsingissä. Vuonna 1960 nosturitoiminnan lisäksi perustettiin myös huoltopalveluita, jotta voidaan pysyä kilpailukykyisenä yrityksenä kehittyvässä maailmassa. Vuosituhannen vaihteessa Konecranes Oyj pääsi Kiinan markkinoille, joka mahdollisti nopeasti laajentuvan liiketoiminnan. 2013-luvulla esiteltiin maailman ensimmäinen konttien käsittelyyn tarkoitettu hybridikurottaja. Vuonna 2023 Konecranes Oyj julkaisi uusia tavoitteitaan ja niihin kuuluu muun muassa tulla maailman johtavaan asemaan materiaalinkäsittelyratkaisuisissa luoden lisäarvoa kaikille. (Konecranes 2024b.)

Konecranes Oyj:ssa työskenteli vuonna 2023 keskimäärin 16 563 työntekijää. Eniten työntekijöitä oli Euroopan, Lähi-Idän ja Afrikan alueella. (Konecranes, 2023a, 7.) Liikevaihto vuonna 2023 osakeyhtiöllä oli 3 966,3 miljoonaa euroa, ja saatuja tilauksia oli 4 161,4 miljoonan euron edestä. Vertailukelpoinen EBITA-kateprosentti oli 11,4 %. (Konecranes 2023a, 2.) Viimeisen vuosikymmen aikana se on kansainvälistynyt merkittävästi ja laajentunut yrityskaupoilla Aasian ja Tyynenmeren alueella, Yhdysvalloissa ja monissa Euroopan maissa. Yhtiöllä onkin omaa tuotevalmistusta sekä työntekijöitä monessa maassa ja tuotteita myydään maailmanlaajuisen jakelu- ja alihankkijaverkoston kautta. (Konecranes 2024c.)

Konecranes Oyj:n liiketoiminta on jaettu kolmeen osioon, joita ovat kunnossapito, teollisuuslaitteet sekä satamaratkaisut. Kunnossapitopalveluita tarjotaan muun muassa kaikentyyppisille- ja merkkisille teollisuusnostureille ja työstökoneille yksittäisestä koneesta kokonasiin prosesseihin. Teollisuuslaitteissa palveluina ovat laaja valikoima nostureita konepaja- ja prosessiteollisuuden aloille. Satamaratkaisut tarjoavat kontinkäsittelyliiketoiminnalle laitteita, ohjelmistoja sekä kunnossapitoa. (Konecranes 2024d.) Teollisuuden kunnossapidon ja työstökonehuollon puolella keskitytään ennakoivaan kunnossapitoon ja voidaan tarjota palveluita yksittäisen koneen huollon lisäksi kokonaisille tuotantolaitoksille ja prosesseille. Huolto- ja korjausvaihtoehtoja yrityksellä löytyy muun muassa suunniteltuun ennakkohuoltoon, vikakorjauksiin, mekaaniseen vianmääritykseen, karojen huoltoon, sähkömoottoreiden korjaukseen, hitsauskonehuoltoihin ja moniin muihin. (Konecranes 2023b, 2–3.) Huoltopalvelujen taso sekä prosessien tuntemus tekevät Konecranes Oyj:n palveluista alan edelläkävijöitä. (Konecranes 2024d).

Konecranes Oyj liiketoiminnan ajureina toimivat megatrendit, joita hyödyntäen saadaan vastattua mahdollisimman hyvin asiakkaiden tarpeisiin sekä lähiajan näkymiin. Tämän hetken megatrendeinä ovat vastuullisuus, digitalisaatio, automaatio, geopolitiikka sekä makrotalous. Konecranes tuottaa arvoa myös osakkeenomistajille. (Konecranes 2024d.)

1.3 Konecranes Finland Oyj:n Joensuun huoltopalvelut

Konecranes Finland Oyj:n MTS työstökonehuolto Joensuussa on aloittanut toimintansa Abloylla vuonna 2010. MTS on lyhenne sanoista Machine Tool Service. Toimipisteellä on laajaa osaamista niin sähkö- kuin mekaniikka puolellekin, yhteensä 14 alan ammattilaisen verran. Kaksi sähköasentaa ovat sähköautomaation erikoisosaajia, jotka taitavat PLC ohjelmoinnin muun muassa Siemensille ja Omronille. Sähköasentajien tehtäviin kuuluu ohjauksien backupit, sähköisten komponenttien vikojen selvitys ja korjaus/huolto. Mekaanisen puolen osaajille puolestaan kuuluu mm. koneiden kunnossapito, karapäiden ja revolverien huollot sekä korjaukset, koneiden mekaaniset turvallistamiset ja varaosien tai komponenttien valmistus. (Väänänen & Laukkanen 2024.)

Joensuussa Konecranesin asiakaskuntaa ovat muun muassa konepajateollisuus ja suurimpana asiakkaan sille toimii Abloy Oy. Muita asiakkaita ovat esimerkiksi Medisize Oy ja Valukumpu Oy. Tulevaisuudessa toiminnan odotetaan jatkuvan Joensuun toimipisteellä samankaltaisena kuin ennenkin, kuitenkin koulutautuen tarpeen vaatiessa ja järjestelmien kehittyessä, pysyen alansa huipulla. (Väänänen & Laukkanen 2024.)

1.4 Opinnäytetyön toimeksianto

Toimeksiantona opinnäytetyölle on tutkia öljyanalyysejä osana ennakoivaa kunnossapitoa, jonka avulla voidaan selvittää optimaalinen öljynvaihtoväli alentaen öljynvaihdosta aiheutuvia kustannuksia sekä hiilijalanjälkeä. Tutkiminen tapahtuu toisistaan eriävien koneiden avulla, tutkien sekä koneen omaa opusta, että öljyanalyysejä öljynvaihdon näkökulmasta.

Opinnäytetyön avulla voidaan välttää mahdollisia liian aikaisia öljynvaihtoja, sillä kustannukset tällaiseen kohteeseen kasvavat suuriksi. Opinnäytetyön avulla halutaan vastata myös asiakkaan tarpeisiin ja lisätä tietoisuutta siitä, tuottaako analyysi haluttuja tuloksia. Halutaan myös laskelmoida öljynvaihdon kustannuksia niin alkuperäisessä tilanteessa kuin analyysija tehdessä.

Opinnäytetyön aihe on tullut ajankohtaiseksi Konecranes Oyj:n Joensuun toimipisteelle vuoden 2023 lopussa, kun asiakkaan kanssa yksi vuoden 2024 käsitellyistä teemoista oli ekologisuus. Ajankohtaisuutta lisää asiakkaan toive pienentää hiilijalanjälkeä ja öljyanalyysejä avulla toiveena on vähentää öljynvaihdosta syntyviä kustannuksia. Öljyanalyyseistä Konecranes Oyj haluaa lisätuotteen sekä markkinoitavaksi että ennakoivaan kunnossapitoon.

1.5 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyölle määrätään tiettyjä rajoja, joita työssä käsitellään. Öljyanalyysejä määrä rajataan mieluusti kahteen tai maksimissaan kolmeen koneeseen, joiden analyysin tuloksia öljyn kunnosta verrataan koneiden oman ohjekirjan ilmoittamaan öljynvaihtoväliin. Työssä on tarkoitus verrata kustannuksia, joita

analyyseista tulee sekä kustannuksia, joita perinteisestä öljyn vaihdosta syntyy. Rajaus tehdään siksi, että voidaan tutkia tarkemmin ja mahdollisesti yksityiskoh-
taisemmin koneiden öljynvaihtoväliä ja analyysien tuottamia tuloksia.

Opinnäytetyössä rajataan myös kustannusvertailuiden tekoa. Vertailuun otetaan mukaan analyysin hinta kaikkine kuluineen ja se, mitä kustannuksia vuosittai-
nen koneen ohjekirjan mukainen öljynvaihto tuottaisi. Tähän sisältyy tunnit sekä
materiaalit. Hintoja ei yksityisyydensuoja syistä kerrota tarkasti, ne ilmoitetaan
mahdollisesti kirjallisena eikä numeerisena. Näitä vertaillaan keskenään ja poh-
ditaan, kumpi on kannattavampaa.

Opinnäytetyö toteutetaan yhdellä analyysillä kullekin koneelle, eikä esimerkiksi
seurata useampia analyyseja pidemmällä aikavälillä. Öljyanalyysit tehdään ko-
neiden hydraulikkaöljystä.

Koneet, joista analyysit tehdään, esitellään öljynvaihdon näkökulmasta sisältäen
käytettävän öljyn, suodatuksen, öljytilavuuden ynnä muuta ja kerrotaan niiden
ominaisuuksista yleisesti. Opinnäytetyössä ei kerrota, millaisia tuotteita koneilla
valmistetaan ja koneet esitellään siten, ettei firma ole tunnistettavissa.

1.6 Opinnäytetyön tavoitteet

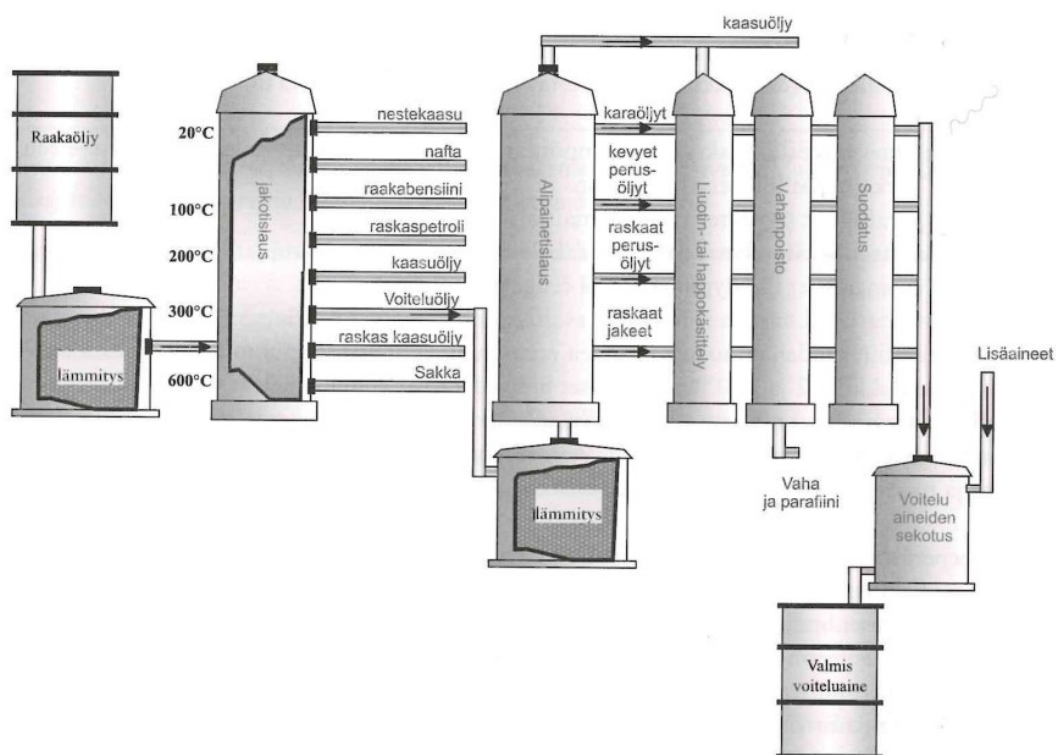
Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoperusta öljyanalyysien käyttämisestä
kokonaisvaltaisesti samalla kehittäen öljynvaihtoprosessia. Halutaan tietoa siitä,
mitä tietoa öljyanalyysi sisältää ja minkälaisissa tilanteissa sen hyödyntäminen
on kannattavaa. Työn avulla saadaan esimerkki siitä, minkälaisissa kohteissa
analyysin hyödyntäminen on järkevää niin kustannuksien kuin koneen toimin-
nankin kannalta ja myös mahdollinen esimerkki siitä, millaisissa koneissa ana-
lyysin käyttäminen on turhaa ja lisäkuluja tuottavaa.

Tavoitteellisesti valmiin opinnäytetyön avulla halutaan saada asiakkaalle sekä
firmalle itselleen tietopaketti edellä mainituista asioista ja saada varmuus siitä,
että analyyseja voidaan hyödyntää jatkossakin. Opinnäytetyöllä käsitellyillä asi-
oilla haluttaisiin helpottaa arviointia koneen kunnossapidossa sekä sen öljyn-
vaihdossa alentaen niin ekologisia vaikutuksia, kun kustannuksiakin.

2 Öljy teollisuudessa

2.1 Käyttökohteet ja käyttötarkoitus

Teollisuuden öljyjä löytyy hyvin paljon ja moneen eri tarkoitukseen. Teollisuudessa käytetään esimerkiksi kompressorioöljyä, johdeöljyjä, vaihteistoöljyjä ja ketjuvoiteluaineita ja tekstiilikoneöljyjä. Voiteluaineena öljyn tärkeimpiä tehtäviä ovat erottaa pinnat toisistaan, pienentää kitkaa ja häviötehoa, vähentää kulumista, jäähdyttää, estää epäpuhtauksia, epäpuhtauksien kuljettaminen pois, värähtelyn vaimentaminen sekä korroosiolta suojaaminen. Voiteluaineen oikeapaisen käyttämisen hyödyt ovat laajat, niiden avulla voidaan esimerkiksi säästä kustannuksissa sekä pidentää koneen elinikää. (Aarnio ym. 2013. 6.) Kuviossa 1 on esiteltyä perusöljyn valmistusprosessi aina raaka-aineesta valmiiksi voiteluaineeksi saakka.



Kuvio 1. Perusöljyn valmistusprosessi (Aarnio ym. 2013. 56).

Hydrauliikkaöljy eli hydrauliöljy on muun muassa konepajateollisuudessa käytettävää voiteluainetta. Hydrauliöljyn tärkeimmät käyttötarkoitukset ovat voiman siirto, ja koneen liikkeiden ohjaaminen. Hydrauliöljyn tehtävä on tarjota koneelle tarpeellinen viskositeetti ja voitelu, varmistaen sen sujuva toiminta. Hydrauliöljyt sisältävät lisäaineita, joilla mahdollistetaan hydrauliikkaöljyn tarjoamia lisähyötyjä. Tällaisia hyötyjä ovat muun muassa korroosionesto, vaahtoamisenesto, korkea viskositeetti ja kulumisenesto. Erilaisiin tarpeisiin on saatavilla erilaisin ominaisuuksin varustettuja öljylaatuja, esimerkiksi kovin erilaisiin käyttöolosuhteisiin lämpötilojen, paineiden ja nopeuden mukaisesti. Oikean öljylaatun valitseminen on koneen elinkaaren kannalta ykkösprioriteettina, sillä öljyissä on paljon eroja ja kone ei välttämättä väärällä öljylaatulla toimi niin kuin sen kuuluisi aiheuttaen koneeseen vikaantumisia. (Creativeworks 2020.)

Vaihteistoöljyä käytetään nimensä mukaisesti koneen vaihteistossa, suojaamassa ja voitelemassa muun muassa hammaspyöriä ja vaihteistojärjestelmää estäen kalliiden osien rikkoutumisen tai vahingoittumisen. Näiden lisäksi vaihteistoöljyn tehtävänä on suojata laakereita, joita vaihteiston sisällä on. Vaatimuksia vaihteistoöljylle on ensinnäkin tarpeeksi kuumen lämpötilan kestävyys, se ei saa hapettua korkeassa lämpötilassa ja sen tulisi kestää lämpöstabiliina. On ohjeistettu, että jokaista kymmentä celsiusastetta kohti nesteen lämpötila voi nousta 60 astetta, ja tämän seurauksena voiteluaineen käyttöikä lyhenee jopa puolella. Vaihteiston ympäristö voi sisältää myös paljon likaa, vettä ja prosessijätettä, joita voi päätyä laakereiden tms. sekaan, ellei suojaus ole kohdallaan. Öljyn tulee sisältää hyviä paineominaisuuksia, jos vaihteisto on raskaasti kuormitettu. Kolmas vaihteistoöljyn vaatimus on vikaantumisen esto, jolla tarkoitetaan esimerkiksi veden joutumista järjestelmään. Öljyn tulee tarvittaessa kyetä demulsoitumaan. (Lelubricants 2024.)

2.2 Laadut ja ominaisuudet

Synteettinen öljy on kemiallisen prosessin avulla valmistettu voiteluaine. Siinä käytetty hiilivety on nimeltään polyalfaolefiini ja ominaisuuksiensa ansiosta se soveltuu hyvin muun muassa kompressorin öljyjen ja hydrauliikkaöljyjen valmistukseen. Toinen hiilivety, jota synteettisten öljyjen valmistamisessa käytetään, on alkyylibentseeni ja sitä hyödynnetään esimerkiksi jäähdytyskompressorien ja

sähköneristimien valmistuksessa, sillä yksi hyvä ominaisuus siinä on liukoisuus. (Aarnio ym. 2013, 57–58) Synteettinen öljy on voiteluominaisuuksiltaan hieman heikompaa kuin mineraaliöljy. Lisäaineiden avulla ominaisuuksia kuitenkin voidaan täydentää, myös sen voiteluominaisuuksiaan. Korkean leimahduspisteen ansiosta synteettinen öljy toimii hyvin jopa äärimmäisiin olosuhteisiin, muun muassa silloin kun käytetään korkeaa painetta ja lämpötilat ovat suuria. (Valvoline 2024.)

Mineraaliöljy on muun muassa teollisuudessa käytettävää, raakaöljystä puhdistamalla tai raakatislaamalla valmistettua nestemäistä voiteluainetta. Raakaöljyn pieni aroma- ja rikkipitoisuus sekä stabiilisuus ovat kemiallisesti sopivia ominaisuuksia voiteluaineiden perusaineen jalostusta varten. Hiilivety on tärkeä tekijä esimerkiksi viskositeettilämpötilariippuvuuteen, jähmepisteeseen, leimahduspisteeseen ja tiheyteen. Hiilivetyjä voi esiintyä öljyn seassa parafiinisena tai naftreenisena. Mineraaliöljyn käyttötarkoitus ja sen vaaditut ominaisuudet määrittelevät paljon pohja-aineen laatua. (Aarnio ym. 2013, 55–56) Mineraaliöljyt eivät johda sähköä, joten ne soveltuvat hyvin esimerkiksi eristeeksi. Mineraaliöljyä käytetään teollisuudessa myös hydrauliöljynä niiden kokoon puristumattomuutensa vuoksi, sekä jäähdytysnesteenä ja karaöljynä. Mineraaliöljy on synteettistä öljyä paksumpaa. (Valvoline 2024b.)

Kasviöljyt ovat triglyseridejä sekä luonnon estereitä ja niitä voidaan käyttää perusöljynä. Kasviöljyillä on huonot käyttöominaisuudet kylmässä, mutta niistä valmistettavat esterit sisältävät paremmat kylmäkäyttöominaisuudet. Kasviöljyjen haittoja ovat heikko hapettumiskyky, jähmettyminen kylmässä, lyhyt käyttöikä, hartsiintuminen koneen pinnalle sekä rajoittunut käyttölämpötila. Hyötyjä ovat korkea leimahduspiste, hyvät kitkaominaisuudet sekä biohajoavuus, joka lisää öljyn ekologisuutta. (Aarnio ym. 2013, 59.)

Viskositeetti on voiteluaineen, niin öljyn kuin rasvankin miltei tärkein ominaisuus. Viskositeetti tarkoittaa voiteluaineen sisäisen kitkan suuruutta. Viskositeetti muuttuu lämpötilan mukaan. Kylmissä olosuhteissa viskositeetti muuttuu paksummaksi kuin sen olisi tarkoitus olla ja lämpötilan tasaantuessa se voi muuttua jopa liian ohueksi. (Aarnio ym. 2013, 17.) Viskositeetin raja-arvot ovat esiteltynä ISO 3448 standardissa, joka esitellään taulukkona osiossa ”öljyanalyysi; standardit”.

2.3 Lisäaineet

Lisäaine on kemiallinen aine, jonka tavoitteena on parantaa öljyn ominaisuuksia jollakin osa-alueella. Lisäaineen avulla voidaan esimerkiksi haluta öljylle parempi suorituskyky, öljyn eliniän jatkaminen sekä öljyyn joutuvien epäpuhtauksien jakauttaminen. Lisäaineet toimivat joko niin, että ne vaikuttavat fysikaalisesti voideltavaan pintaan tarttumalla tai niin, että kun lisäaine sekä pinta ovat kosketuksessa ne muodostavat uuden yhdisteen kemiallisen reaktion seurauksena. Lisäaineita käyttäessä tulee kuitenkin olla varovainen, koska jokin lisäaine voi tuoda mukanaan toisen ominaisuuden huonontumisen ja näin ollen lisäaineen käyttämisen tarkoitettu hyöty katoaa. (Aarnio ym. 2013, 60.)

Lisäaineita on monia erilaisia. Kulumisenestoaine (AW) on lisäaine, jonka tulisi vähentää liikkuvien, kosketuksissa olevien pintojen kulumista. Paineenkestolisiäaine (EP) reagoi silloin, kun suuri paikallinen pintapaine aiheuttaa korkean lämpötilan. Se reagoi metallipintojen kanssa. Näitä kahta lisäainetta käytetään raskaaseen tarkoitukseen muun muassa hydraulikkaan ja vaihteistoihin. EP ei ole kokoaikaan aktiivisena vaan reagoi vasta tietyssä lämpötilassa. Viskositeettiindeksin parantajaa (VI lisäaine) käyttäessä voiteluaineen viskositeetin riippuvuus lämpötilasta vähenee. Jos kyseessä on kone, jonka lämpötilat vaihtelevat ohjelmien ja käytön aikana, tulee viskositeetin muutoksien olla mahdollisimman pieniä. Näiden lisäksi käytettävissä on muun muassa hapettumisenestolisäainetta, korroosionestoaineita, vaahtoamisenestoalentajia ja värejä. (Aarnio ym. 2013, 61–65.)

2.4 Öljyn ongelmat

Öljyn kunto on välttämätöntä koneen toiminnan kannalta. Jopa öljyssä ilmenee joitakin niin sanottuja vikaantumisia, joita seuraavaksi käydään läpi. Jos öljyn vikaantumista ei huomioida, voi koneiden järjestelmät kärsiä ja aiheuttaa kalliita kustannuksia.

Vesiongelmät ovat yksi öljyn vikaantumisen muodoista. Se haittaa sekä öljyä ja sen ominaisuuksia itseään, että järjestelmän toimivuutta. Tämänkaltaisia ongelmia voi aiheutua kondensaatiosta, vesipitoisen öljyn käyttämisestä tai vuodoista vesijäähdyttimessä. Vesi voi aiheuttaa korroosiota, lisäaineiden hajoamista ja öljyn hapettumista. Tämän vuoksi järjestelmään voi aiheutua metallien välisiä kosketuksia. (Promaint 2014a.) Lisäksi veden aiheuttamia ongelmia voivat olla kavitaatio, vaahtoaminen, kuluminen, metallin väsyminen ja vetyhauraus. Kavitaatio tarkoittaa paineen kohotessa takaisin vedeksi muodostuvia höyrykuplia, jotka ovat syntyneet öljyn paineen äkillisesti alentuessa lähellä veden kiehumislämpötilaa. Kavitaatio aiheuttaa paineiskuja, jotka ovat suuria esimerkiksi verrattuna normaaleihin laakereiden pintapaineisiin. (Aarnio ym. 2013, 127.)

Väärän öljyn lisääminen järjestelmään voi aiheuttaa muutoksia viskositeetissa, joka on toinen vikaantumisen muoto öljylle. Viskositeettia alentavia muutoksia aiheuttaa myös vapaa vesi tai öljyn leikkaantuminen ja sen nostavia tekijöitä ovat huono suodatus, öljyn hapettuminen ja emulgoitunut vesi. Koska viskositeetti on öljyn tärkein ominaisuus, on sen oltava käytön aikana +/-10 prosenttia alkuperäisestä arvostaan. (Promaint 2014b.)

Öljyn vikaantumista on myös muutokset sen sähkönjohtavuudessa. Kun öljy alkaa vanhentua ja hapettua, on sen polaarisuus huonompaa. Tämän avulla voidaan tutkia öljyn vanhenemista ja muutakin. Myös muutokset öljyn värissä voivat kertoa sen vikaantumisesta. Äkilliset muutokset värissä kuitenkin voivat kertoa siitä, että öljy on hapettavissa ja kuumissa olosuhteissa eikä näin ollen välttämättä kerro nimenomaan vikaantumisesta, vaan äkillisistä ympäristön muutoksista. (Luomala ym. 2018, 32–33.)

Öljyn sekaan joutuneet hiukkaset aiheuttavat vikaantumista öljyn laadullisuudessa. Erilaisia partikkeleita öljyssä voi olla nimikkeitä, joita öljyn seassa voi olla: hitu, hiutale, pallo, lastu, kimpale ja levy. Nämä partikkelit aiheutuvat eri ta-soisista rasituksista järjestelmässä, joista voidaan päätellä ja tutkia, mistä partikkelit ovat peräisin. Näitä ovat mm. vierintä, liukuminen, isku, korroosio, kavitaatio tai eroosio. (Luomala ym. 2018, 42–43.) Yli 20µm kokoiset metallihiutaleet öljyn seassa hidastavat sen voiteluominaisuuksia ja öljyn vaihtamisella tältä voidaan välttyä ja sitä voidaan hidastaa. (Luomala ym. 2018, 44.)

Ilman pääsy öljyn sekaan voi aiheuttaa paineen putoamista, eli kavitaatioita. Ilmaa voi olla öljyn seassa kuplina tai liuenneena. Ilma öljyn seassa voi aiheuttaa myös hapettumista paikallisten lämpötilan nousujen seurauksena. Ilman vuoksi lämpötilat pääsevät nousemaan, koska kuplan kokoonpuristuminen tapahtuu niin nopeasti, ettei ilmakupla ehdi muuttua liuenneeseen muotoon. (Aarnio ym. 2013, 131.)

Prosessikemikaalien vuoksi öljyn sekaan voi liueta erilaisia, voiteluaineelle haitallisia ja niiden kanssa yhdessä reagoivia kemiallisia yhdisteitä, joiden seurauksena voiteluaineen teho ja kunto heikkenee. Liuottimet, eli voitelujärjestelmien osien puhdistuksessa käytettävät aineet voivat aiheuttaa haittaa öljylle puutteellisen käsittelyn seurauksena. Liuottimia löytyy sekä emulgoivana että emulgoimattomana. Haittoja liuottimien joutumisesta voiteluaineeseen ovat muun muassa alentunut viskositeetti, kuluminen, leimahduspisteen laskeminen, heikentynyt hapettumiskestävyys ja suurempi korroosioriski. (Aarnio ym. 2013, 132–133.)

Mikrobikasvusto voi aiheuttaa öljylle monia haittoja. Näitä ovat pahan hajuisen öljy, lämmönvaihtimien jäähdytyspinnalle ilmaantuva sakka tai lima, joka kulkeutuessaan öljykierron mukana voi aiheuttaa häiriöitä, tekee ongelmia suodatukseen, ahtautuu paluuputkistoon sekä riski korroosioon kasvaa. Lisäksi bakteerit ja sienet voivat aiheuttaa öljyn vaahtoamista, myös öljyn pahaa hajua, kokonaihashappoluku nousee sekä virtausmittareissa voidaan havaita häiriöitä. Mikrobikasvustoa pääsee järjestelmään veden tai vesipitoisten prosessikemikaalien mukana. (Aarnio ym. 2013, 134.)

3 Kunnossapito

3.1 Teollisuuden kunnossapito

Kunnossapito määritellään muutamissa eri standardeissa. Standardissa SFS-EN 13306 2017 määritellään kunnossapitoa koneen elinjakson aikaisina tekniisinä, hallinnollisina ja liikejohdollisina toimenpiteinä joiden ansiosta koneen toimintakyky saadaan palautettua takaisin tai vaihtoehtoisesti ylläpidettyä sellaisena, että vaaditun toimenpiteen suorittaminen tapahtuu ongelmitta. (SFS-EN 13306 2017.) Kunnossapitoa määritellään myös standardissa SFS-EN 15341 2007, joka on kumottu vuonna 2019. Standardissa kuitenkin määritellään kunnossapito käsitteenä selkeästi. Siinä kerrotaan edellisen standardin perusajatuksen lisäksi, että kunnossapito riippuu esimerkiksi sijainnista, kulttuuri, toiminta ja palveluprosesseista, koosta käyttöasteesta sekä iästä. Kunnossapitoon hyödynnetään korjaavaa, ehkäisevää sekä parantavaa kunnossapitoa. Tämän lisäksi tuotantosysteemien- ja linjojen kunnossapidon tavoitteiksi voidaan määrittellä esimerkiksi käytettävyyden parantaminen, kunnossapidon kustannustehokkuuden parantaminen ja turvallisuuteen sekä terveyteen liittyvien seikkojen vaaliminen. Laitetasolla taas tavoitteena voi olla luotettavuus, kustannukset sekä kunnossapidettavuus. Kunnossapidon tavoitteena voi standardin mukaan olla myös investoinnit, käyttöikä ja strategiset valinnat. (SFS-EN 15341, 2007.)

Standardi PSK 6201 2011 määrittelee näiden kahden standardin lisäksi kunnossapitoa. Sen mukaan kunnossapidolla tarkoitetaan toimintaa, jolla koneen suorituskyky voidaan pitää haluttuna sen koko elinjakson ajan, tai palauttaa se sellaiseksi. Näihin toimiin kuuluvat kaikki tekniset, hallinnolliset sekä johtamiseen liittyvät toimenpiteet. Standardissa määritellään myös seuraavat käsitteet, jotka liittyvät vahvasti kunnossapitoon: käyttö, käynnissä pito, logistiikka, parannus, muutos sekä tehdaspalvelu. Standardissa mainitaan näiden lisäksi myös käsitteet käyntiaste ja käyttöaste. Käytöllä tarkoitetaan välttämättömiä toimenpiteitä tuotannon toteuttamiseen, kuten muun muassa koneiden käyttö. Käynnissä pidoilla tarkoitetaan henkilöstön tehtäviä, mutta näiden lisäksi koneen käyttökuntoon liittyviä toimenpiteitä. Logistiikka on työvoiman, varaosien, materiaalien, kunnossapitolaitteistojen, alihankkijoiden ja niin edelleen valitsemista, hankintaa, yksilöintiä ja toimitusta. Parannukset tarkoittavat koneen turvallisuuden,

luotettavuuden tai kunnossapidettävyyden parantavia toimia. Muutokset ovat kohteen ja käyttöominaisuuksien muutoksia. (Järviö 2017, 18–19.)

3.2 Kunnossapidon kehitys ja menetelmät

Kuten kunnossapitokin, ovat sen menetelmätkin kehittyneet. Kunnossapidon kehitykselle on tunnistettu neljä sukupolvea. Ensimmäiselle sukupolvelle tyypillistä oli nopea reagointi ja korjaaminen ja se sijoittuu 1950-luvulle. Sille tyypillistä oli, että koneiden vikaantuessa niitä pystyttiin pitämään seisokissa. Koska koneet olivat yksinkertaisia, vikaantuminen oli yleensä ajasta riippuvaista. Koneet kestivät enemmän ja olivat ylimitoitettuja koska mitoituksen laskennalliset epätarkkuudet korjattiin runsailla varmuusluvuilla. Ennakoiva kunnossapito oli tuolloin puhdistusta, säätämistä ja voiteluhuoltoa. (Järviö 2017, 21–24.)

Toisen maailmansodan aikaan alkoi kunnossapidon toinen sukupolvi. Koneet olivat monimutkaisempia ja toivat mukanaan uuden vikaantumismekanismien. Kunnossapidon määrä lisääntyi ja se oli järjestelmällisempää ja suunnitelmallisempaa. Toisen sukupolven aikaan käyttöön otettiin jaksotetut kunnossapitotoimet, johon kuului kunnossapidon ennakointi, johtaminen sekä suunnitelmallisuus. Silloin otettiin käyttöön myös suuria mutta hitaita tietokoneita. Kolmas sukupolvi käynnistyi 1970-luvun paikkeilla. Sille tyypillisiä tunnusmerkkejä olivat kunnonvalvonta, kunnossapidon ja luotettavuuden huomiointi konetta suunniteltaessa, riski-, vikaantumis- ja perusanalyysit, asiantuntijasysteemit ja moniosaaaminen. (Järviö 2017, 22–24.)

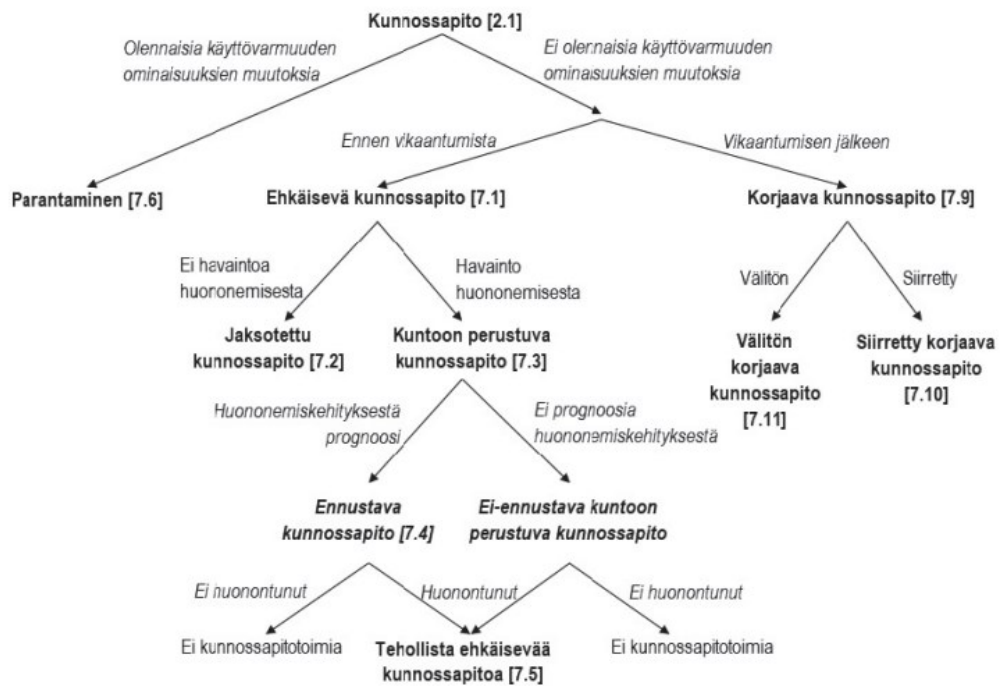
Vuonna 1990 käynnistyi neljäs sukupolvi. Sen mukana on tullut paljon uudistuksia ja huomioon otettavia asioita koneiden ja teknologian kehittyessä aina tähän päivään saakka. Mekaanisten laitteiden kunnossapidon lisäksi myös laitteiden toimintoja ohjaavia ohjelmia kunnossapidetään. Sensoreiden avulla pystytään mittaamaan kohteita, joiden mittaaminen ei ennen ollut juuri mahdollista. Toiminnanlaadun mittarina voi toimia lopputuote tai itse valmistusprosessi. Tietokoneteknologia on kehittynyt paljon, ja sen avulla voidaan tallentaa koneesta dataa ja analysoida niitä pidemmälläkin aikavälillä. Koneita voidaan valvoa myös IoT avulla etänä. Antureiden ja sensoreiden avulla voidaan nopeasti ja kätevästi havaita poikkeamat normaalista toiminnasta. (Järviö 2017, 24–25.)

Kunnossapidon kustannuksiin voidaan vaikuttaa positiivisesti tai negatiivisesti. Niitä voidaan pienentää tehostamalla toimintaa ja ottaa käyttöön uusia ja tehokkaampia kunnossapitotekniikoita. Pääsääntöisesti koneet ovat suunniteltu siten, että niitä olisi mahdollisimman helppo kunnossapitää sekä että niitä olisi helppo käyttää, saaden koneelle edullisen elinjakso-kustannuksen. Kun tuotantomäärät kasvavat tai valmistusprosessiin tulee monimutkaisia uudistuksia, lisää se myös kustannuksia. Kilpailukyvyyn säilymiseen voidaan vaikuttaa kunnossapitokustannusten pienenemisellä. Kustannusten noustessa on samalla rahamäärällä saatava enemmän. Silloin raha käytetään koneisiin, jotka tuottavat eniten. (Järviö 2017, 25.)

Nykyään myös tehokkuutta ja automatisaatiota lisätään. Se lisää laadun merkitystä, joka voidaan huomata muun muassa siten, että tuotteiden laatu on tasaisempi ja siitä aiheutuneet hävikit ovat vähentyneet. Toimitusajat ovat lyhyempiä ja asiakkaat pysyvät tyytyväisinä. Myös turvallisuus, ympäristöystävällisyys ja kunnossapidon tehokkuus ovat korostuneet ja lisääntyvässä määrin teollisuudessa. (Järviö 2017, 25–26.)

3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajit ovat lajeja, joihin liittyy erilaisia ominaisuuksia sekä tapoja suorittaa kunnossapitoa. Standardin SFS-EN 13306 mukaiset kunnossapitolajit ovat esitelty kuviossa 2. Kunnossapitolajeista ensimmäisenä esittelyssä on huolto. Huolto on toimenpide, jolla ylläpidetään koneen tai laitteen käyttöominaisuuksia, korjataan toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntymisen kokonaan. Jaksotettuun huoltoon liittyy määräajoin tehtävät toimet kuten puhdistus, voitelu, huolto, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toimintakyvyn palauttaminen. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon määritelmät ja tehtävät saattavat sekoittuvat keskenään. (Järviö 2017, 49.)



Kuvio 2. Kunnossapitolajit, yleiskuva (SFS-EN 13306, 2017, 26).

Ehkäisevä kunnossapito eli ennakoiva kunnossapito on koneen/laitteen toimintakyvyn heikkenemisen ja mahdollisen vikaantumisen vähentämistä ja estämistä erilaisin menetelmin. (Järviö 2017, 50). Ehkäisevästä/ennakoivasta kunnossapidosta laajempi kokonaisuus opinnäytetyön osiossa 4.

Korjaavassa kunnossapidossa kone tai sen komponentti palautetaan siihen kuntoon, jossa se voi suorittaa halutun toiminnon. (SFS-EN 13306, 2017, 14). Suoritusaikojen perusteella voidaan laskea osien tai komponenttien elinaika. Korjaavaa kunnossapitoa voidaan suorittaa sekä suunniteltuna että suunnittelemattomana. Se sisältää pääpiirteittäin vian määrittämisen, vian tunnistamisen ja paikallistamisen, korjauksen ja toimintakunnon palauttamisen. (Järviö 2017, 51.)

Parantava kunnossapito on hieman erilainen, kun edeltävät esitellyt menetelmät. Sen kahdessa ensimmäisessä pääryhmässä tavoitteena on tehdä parannuksia muuttamatta koneen suorituskykyä. Ensimmäisessä näistä vaihdetaan vanhojen osien tilalle uudempi varsinaisesti parantamatta suorituskykyä. Komponentteja ikään kuin modernisoidaan. Toisessa pääryhmässä koneen toimintaa muunnetaan luotettavammaksi erilaisin uudelleensuunnittelu- ja korjauksin.

Kolmannessa pääryhmässä tavoitteena nimenomaisesti on muuttaa suorituskäytäntöä modernisoiden. Tässä modernisaatiossa mahdollisesti uudistuvat sekä kone että valmistusprosessi. Syynä näiden modernisointiin voi olla kilpailukykyisenä pysyminen ja muuttuva maailma, kun tarvitaan uudempia ja erilaisempia tuotteita, joita ei vanhalla koneella enää pystytä tuottamaan. (Järviö 2017, 52.)

Vikojen ja vikaantumisien selvittämistä ei ole määritelty standardeissa. Ne ovat kuitenkin tärkeitä toteuttaa ja sisällyttää yritykseen systemaattisesti. Prosessoriin avulla vikojen juurisyiden selvittäminen ja analysointi on kätevää. Kun juurisyiden tunnetaan, voidaan suorittaa korjaavia toimenpiteitä ja pienentää vikaantumisia jopa 90 %. Vikojen ja vikaantumisien selvittämisellä pyritään löytämään vikaantumisien perussyy ja sen vikamuoto. Näin ollen voidaan estää kyseisen vahingon uusiutuminen. Vikojen ja vikaantumisien etsintään hyödynnetään muun muassa vika-analyseja, vikaantumisen selvittämistä, mallintamista, juurisyiden selvitystä, materiaalin- ja suunnittelun analyysit sekä riskienhallinta. (Järviö 2017, 52.)

Osa opinnäytetyössä esitellyistä kunnossapitolajeista ei ole määritelty SFS standardissa. Opinnäytetyössä esitellyjen ja kuvion lisäksi olevia kunnossapitolajeja on standardin mukaan myös muun muassa muuttaminen, modernisointi, siirretty korjaava kunnossapito, aikataulutettu kunnossapito, välitön korjaava kunnossapito, tilanteenmukainen kunnossapito, etäkunnossapito, käynninaikainen kunnossapito, kenttäkunnossapito sekä kunnossapidon ulkoistaminen. (SFS-EN 13306, 2017, 26.)

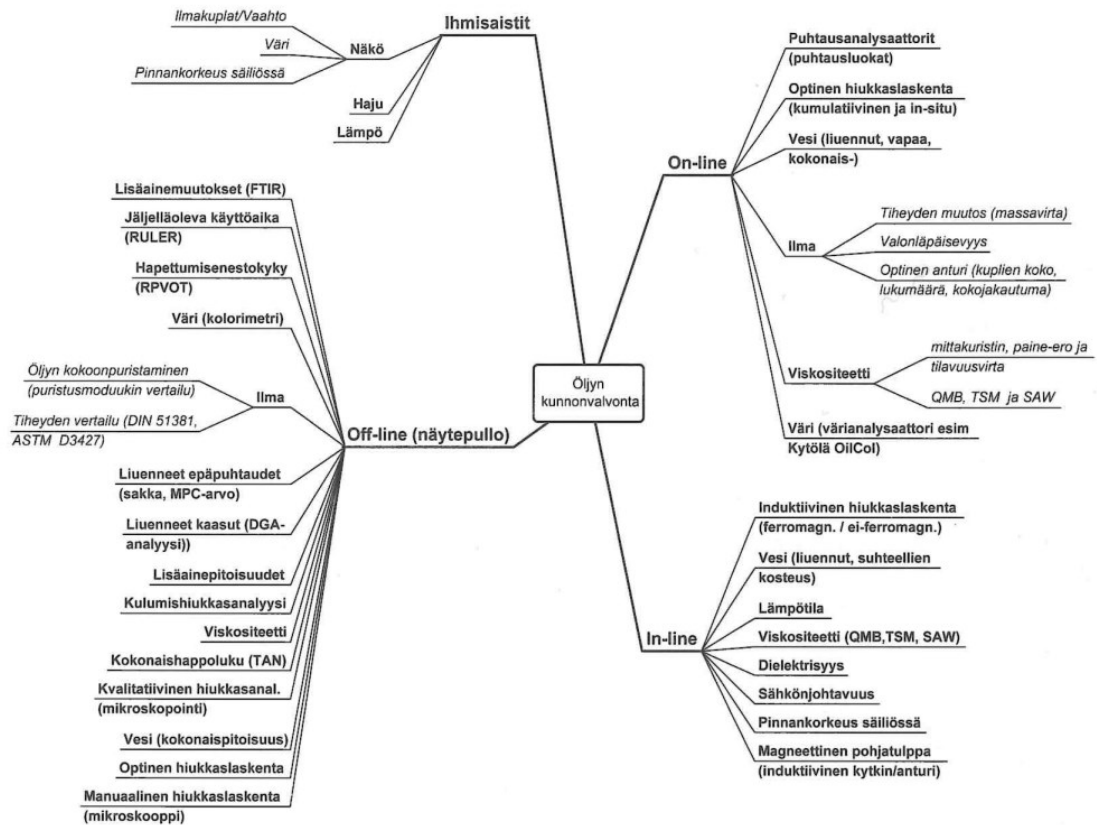
3.4 Öljyn kunnossapito

Öljyn kunnossapito on tärkeä osa teollisuuden kokonaisvaltaista kunnossapitoa. Öljyn kuntoa tarkkailemalla voidaan välttyä kalliilta kustannuksilta, joita sen vikaantuminen voisi aiheuttaa. Öljyn puhtaus ja hyvä kunto on suurin tekijä koneiden suuren käyntiasteen saavuttamisessa. Tekniikan kehittyessä myös öljyn kunnonvalvonnan tarve on lisääntynyt ja se on todettu esimerkiksi öljytilavuuksien pienenemisen ja öljyn käyttölämpötilojen suurenemisen vuoksi, kun raskaus on suurempaa. (Luomala ym. 2018, 5.)

Puhtaus on tärkeä avainsana öljyn kunnonvalvonnassa. Se korostuu nykypäivänä automaation lisääntyessä yhä enemmän. Myös hydraulikka- ja voitelujärjestelmien kuntoa tulee valvoa, sillä ne siirtävät tehoa, voitelevat, siirtävät lämpöä sekä nimenomaan epäpuhtauksia, jonka vuoksi niiden kunnonvalvonta on tärkeää. Nykypäivän anturiteknologian ansiosta on suhteellisen nopeaa sekä helppoa valvoa järjestelmien kuntoa, sillä anturit antavat ajantasaista tietoa koneen tai järjestelmien toimintakunnosta. Öljyn hyödyntämistä väliaineena ennakoidussa kunnossapidossa on otettu enemmän käyttöön, kun on huomattu sen antavan tietoa järjestelmän kunnosta ja osien vikaantumisesta jo ennen kuin kone rikkoutuu tai suurempi vahinko tapahtuu. (Luomala ym. 2018, 5.)

3.5 Öljyn kunnonvalvontamenetelmät

Öljyn kunnonmittaukseen on kertynyt vuosien saatossa erilaisiin käyttötarkoituksiin mukautuvia mittaustapoja, joita seuraavaksi käymme läpi. Mittaukset tapahtuvat ihmisaistien, off-line, on-line sekä in-line menetelmien ja niiden alalajien mukaisesti. Kunnonvalvontamenetelmät sekä tiedot, joita valvontamenetelmistä saadaan, on esitelty kuviossa 3. In-line tarkoittaa putken sisällä otettavaa näytettä, jossa mittaukseen käytettävä anturi sijaitsee virtauksessa. On-line (putken päällä) mittauksessa neste tuodaan mittalaitteeseen putken tai letkun avulla. Off-line (putkesta pois) mittaus tarkoittaa esimerkiksi laboratoriossa suoritettavaa analyysia, joka tehdään nesteestä otetusta näytteestä. (Luomala ym. 2018, 13.)



Kuvio 3. Öljyn kunnonvalvonta (Luomala ym. 2018, 10).

Enemmän öljyn ongelmista ja vioista kerrotaan edellisen aiheen osiossa ”öljyn ongelmat”. Öljyn kunnonvalvonnassa hyödynnetään aikaisemmin mainittuja ihmisaisti, off-line, on-line sekä in-line menetelmiä. Erilaisten antureiden arvoilla voidaan tutkia esimerkiksi liuennutta vesipitoisuutta öljyn seassa. Tämä tapahtuu on-line anturilla, sillä niiden toiminta perustuu kapasitiiviseen menetelmään. Mittauksen avulla saadaan raja-arvo, jolloin järjestelmään on mahdollista muodostua öljyjärjestelmiä vahingoittavaa vapaata vettä. Vesipitoisuutta voidaan mitata myös on-line infrapunamenetelmällä, jossa veden pitoisuutta mitataan infrapunasäteilyn avulla ja sillä, kuinka hyvin vesi absorboi sen aallonpituutta. Menetelmää käyttäessä se tulee kalibroida jokaiselle öljytyypille erikseen. Veden pitoisuutta voidaan mitata myös PPP-vesipitoisuusanturilla sekä in-linen mittauksella. In-line mittaus toimii öljyyn upotettavalla anturilla, jolla mitataan öljyn suhteellinen kosteus prosenttien muodossa. Tällainen anturi on esitelty kuvassa 1. (Luomala ym. 2018, 25–26.)



Kuva 1. In-line vesipitoisuusanturi (Vaisala 2024).

Öljyä voidaan valvoa myös moottorien ja vaihteistojen öljypohjan pohjatulppiin asetetuilla antureilla, joka magneettisuutensa ansiosta kerää hiukkasia öljyn seasta ja näin ollen voidaan tutkia ja arvioida hiukkasten laadusta ja määrästä moottorin kuntoa. Samanlaista mallia löytyy myös induktiivinen kytkin, joka on tarkoitettu hydraulikkakomponenteille ja joka myöhemmin on muokattu induktiiviseksi anturiksi. Hydraulikkaan tarkoitettu anturi tutkii pääosin rautaa öljyn seassa. Antureita löytyy myös esimerkiksi ilmanpitoisuuden mittaamiseen sekä viskositeetin mittaamiseen. (Luomala ym. 2018, 26–31.) Anturit ovat käteviä kokonsa ja nopeutensa vuoksi, ja valinnan varaa erilaisissa tavoissa mitata löytyy, sillä on useita on-line sekä in-line antureita ja mittaustapoja.

Öljyn kuntoa on mahdollista kunnossapitää myös sähköisten ominaisuuksien ansiosta. Suhteellinen dielektrisyys ja sähkönjohtavuus ovat avainsuureita sähköisten mittausten suorittamisessa. Suhteellista dielektrisyyttä pystytään mittaamaan monien antureiden ja eri tekniikoiden avulla. Myös öljyn väriä voidaan käyttää sen kunnan arvioinnissa, täydentävänä ja ennakoivana menetelmänä, sillä öljyn väri kertoo öljyn hapettumisen etenemisestä. Öljyn kunnossapito voi

olla kokonaisvaltaisesti ennakoivaa toimintaa ajatellen koneen järjestelmän toimintaa. (Luomala ym. 2018, 32–33.)

4 Ennakoiva kunnossapito

4.1 Yleisesti

Ennakoiva kunnossapito (PM), jota voidaan kutsua myös ennaltaehkäiseväksi tai suunnitelluksi huolloksi (preventative or planned maintenance) on yksi osa kokonaisvaltaista kunnossapitoa. Ennaltaehkäisevän huollon tarkoituksena on nimensä mukaisesti ennaltaehkäistä vikaantumisia erilaisissa kunnossapitokoh-teissa. Ennaltaehkäisevä kunnossapito on strategista toimintaa, jota ylläpidetään säännöllisin huoltotehtävin niin, että mahdolliset vikaantumiset pystytään ehkäisemään ja saadaan pidennettyä koneen käyttöikää. Ennakoiva kunnossapito sisältää muun muassa ajoitettuja tarkastuksia, vuosihuoltoja, säätöjä ja korjauksia sekä silmämääräisiä tarkastuksia saaden aikaan koneelle mitä parhaimman suorituskyvyn ja luotettavuuden. Ennakoivaa kunnossapitoa hyödyntämällä saadaan minimoitua koneen mahdollisia seisokkeja ennakkosuunnitelmien avulla. Korjaamalla vikaantumiset sekä selvittämällä ongelmat ajoissa voidaan ennaltaehkäistä mahdollinen vahinko sekä saavuttaa maksimaalinen tehokkuus. (Emaint 2024.)

Kaikki huollot, jotka suoritetaan säännöllisesti tarkoituksena vikojen syntymisen vähentäminen, on ennaltaehkäisevää kunnossapitoa (Emaint 2024). Ennakoivan kunnossapidon yksi suuri hyöty onkin kustannuksien pienentäminen, sillä sen avulla voidaan vähentää kalliita kustannuksia, joita esimerkiksi koneiden tai tuotannon seisokeista aiheutuisi. Myös esimerkiksi koneiden rikkoutumiset, varaosat, henkilöstöresurssit ja huoltopalvelut luovat kalliita kustannuksia, jotka voidaan ehkäistä ennakoivalla kunnossapidolla.

Ennaltaehkäisevä kunnossapito perustuu koneen valmistajan suosituksiin tai koneen keskimääräiseen elinkaareen. Joitakin huoltotoimenpiteitä saatetaan tehdä myös silloin, kun niille ei välttämätöntä tarvetta olisikaan. Näin toimitaan, koska huollot ovat merkittynä kalenteriin ja tämän avulla varmistetaan, että on

riittävä budjetti, inventaario sekä aikataulu huoltotoimenpiteiden suorittamiseen. (Emaint 2024.) Ennakoivaa kunnossapitoa voidaan hyödyntää kaikkiin koneisiin ja esimerkiksi tuotantolaitoksen prosesseihin, mutta on tapauksia, joissa tietyt koneet ovat prioriteettilistan ykkösenä ja näin ollen niihin ennakoiva kunnossapito koskee kaikkein eniten.

4.2 Ennakoivan kunnossapidon menetelmät

Ennakoivan kunnossapidon toteuttamiseen on kaksi yleistä tapaa; kalenteri- tai aika/mittariperusteinen ennakoiva huolto tai käyttöön perustuva ennakoiva huolto. Ne eroavat toisistaan siten, että kalenteri- tai aikapohjaisessa huollossa huoltojen perusteena toimii säännöllisin ja määräajoin suoritettavat toimenpiteet huolto-ohjelmiston mukaisesti, kun taas käyttöön perustuvassa huollossa perusteena huolloille toimii se, kuinka paljon yritys konetta käyttää. (Emaint 2024.)

Kalenteri- tai aikapohjaisissa huolloissa käyttökohteena on koneet, jotka on huollettava kalenteriaikataulun mukaisesti. Menetelmä sopii niille, koska se suoritetaan aina määrätyin aikaväleihin. Aikaväli huolloilla on määriteltävä ennakkoon ja se voi olla esimerkiksi päivittäin, kuukausittain, vuosittain ja niin edelleen. (Gofmx 2024.)

Mittariin tai toisinsanottuna käyttöön perustuvassa kunnossapidossa huollot eivät tapahdu tietyllä ennalta määrättyllä aikavälillä kuten esimerkiksi kalenteripohjaisissa huolloissa. Huoltotoimenpiteet tapahtuvat asetetuilla mittarilukemilla. Mittareina voivat siis toimia esimerkiksi koneen käyttötunnit, kilometrit tai suoritettut tuotantosykliit. Koneessa voi olla ohjausnäyttö, josta pääsee näkemään käyttötunnit. Kun kone on lähellä saavuttaa huoltoon vaaditut tunnit, näyttää se ohjausnäytössä niin sanottua varoitusta siitä, että ennakoivaa huoltoa vaaditaan. (Gofmx 2024.)

4.3 Hyödyt ja heikkoudet

Ennakoivan kunnossapidon hyödyt ovat laajat. Ennen kaikkea sillä saadaan ehkäistä vikaantumisia, jonka avulla saadaan säästettyä kustannuksista, joita

äkilliset rikkoontumiset aiheuttaisivat. Muita hyötyjä ovat muun muassa laitteen luotettavuuden parantaminen ja käyttöiän pidentäminen, turvallisuuden lisääminen ja loukkaantumisriskien ehkäiseminen. (Gofmx 2024.) Ennakoivan kunnossapidon ansioista pientenkin vikaantumisten havaitseminen on tehokasta, jolloin koneiden ja laitteiden käyttöikä pitenee. Hätiköityjen päätösten sijaan voidaan suorittaa tietoon perustuvia päätöksiä. Kustannuksissa säästämisen mahdollistaa huoltojen ja korjauksien ennakkoon suunnitteleminen, jonka ansiosta mahdollisesti kalliimmiksi tulevat seisokit ja korjaavat huollot vähenevät (Upkeep 2024). Huollot tulisi suunnitella mahdollisten suunniteltujen seisokkien mukaisesti. (Emaint 2024).

Ennakoivassa kunnossapidossa on myös joitakin heikkouksia, joihin olisi hyvä varautua. Ennakoiva kunnossapito saattaa vaatia enemmän henkilökuntaa, enemmän varaosia varastoon ja se voi viedä enemmän aikaa sillä huoltoja tehdään vuodessa mahdollisesti useampi. Ennakoivassa kunnossapidossa kuluja tulee ennakkoon ja ne saattavat tuntua aluksi turhilta. Ennakkoon hankitut materiaalit auttavat kuitenkin odottamattomien tilanteiden tullessa ja voidaan välttyä niistä aiheutuvilta haitallisilta kustannuksilta ja korjata esimerkiksi vika nopeasti ja tehokkaasti. Ennakoivassa kunnossapidossa on myös mahdollisuus ylihuoltoon. Koneita huolletaan liikaa, jolloin kustannukset saattavat ylittää hyödyn. Ylihuollon mahdollisuuksiin ja siihen, miten kuluvat resurssit voitaisiin hyödyntää johonkin koneen toiminnalle suurempaan uhkaan tulisi miettiä kunnossapitosuunnitelmaa laatiessa. (Upkeep 2024.)

4.4 Tulevaisuus

Nykyteknologian ja tekoälyn kehittyessä myös ennakoivan kunnossapidon tulevaisuutta on mahdollista kehittää. Tulevaisuudessa ennakoivaan huoltoon voidaan hyödyntää enemmän myös tekoälyä ja IoT-teknologiaa ja näin ikään toimia niiden kanssa yhteistyössä. Ihmisten ja tekoälyn yhteistyön tuloksena voi syntyä parempia päätöksiä ja voidaan vähentää esimerkiksi tuotantokatkoksia ja konerikkoja. Tekoälyn avulla työstä voidaan saada tehokkaampaa ja vikaantumisien ennakointi voi helpottua entisestään. (Laine 2023.)

Ennakoivaa kunnossapitoa voidaan tehostaan tekoälyn avulla muun muassa siten, että tekoäly pystyy hyödyntämään dataa, jota koneista saadaan ja analysoidaan koneiden toimintaa, tunnistamaan poikkeamat normaalista koneen toiminnasta. Näin tekoälyn avulla voidaan analysoida vikaantumisia, joita pystytään ennakoimaan. Tekoäly mahdollistaa myös niin sanotun älykkään huollon. Tekoäly antaa tietoa koneiden kunnosta ja tämän perusteella voidaan suunnitella huollot ja tilata varaosat saaden paremman huollon tehokkuuden ja vähentäen koneen seisokkeja. Näiden lisäksi tekoälyn avulla on mahdollista parantaa työturvallisuutta, sillä tekoäly voi ottaa vastaan turvallisuushavaintoja ja esimerkiksi hälyttää henkilökuntaa paikalle vaaratilanteen havaitessaan. (Laine 2023.)

Tekoäly on hyvä työväline tiedon keräämiseen. Se voi analysoida koneen dataa ja hyödyntää sitä tehokkaasti saaden kunnossapitofirmalle tietoa laitteesta. Tekoäly voi myös antaa suosituksia huolloista tai ennustaa vikatiloja analysoituaan koneen toimintadataa. Tulevaisuudessa nämä ominaisuudet tulevat kehittymään lisää ja tekoäly oppii tunnistamaan ongelmat paremmin sekä ennustaa koneen huollon tarpeen sekä käyttöiän. Se voi myös tulevaisuudessa auttaa valitsemaan huoltomenetelmän, välineet sekä optimaalisen ajoituksen huollolle niin, että huollon vaikutus koneen toimintaan olisi mahdollisimman pieni. (Laine 2023.)

5 Öljyanalyysi

5.1 Öljyanalyysin tarkoitus

Öljyanalyysi on tulos öljynäytteestä, jossa selviää, mitkä arvot ja elementit ovat öljyn kunnan kannalta hyväksyttäviä ja mitkä ei. Analyysillä pyritään tämän lisäksi selvittämään, missä kunnossa esimerkiksi moottorit, turbiinit, kompressorit, vaihdelaatikot ja pumpit ovat ja onko järjestelmässä havaittavissa vikaantumisia. Öljyanalyysia verrataan jopa ihmisveren analyysiin sen tuloksien ominaisuuksien perusteella. Sen avulla voidaan asettaa vertailuarvot, joiden perusteella kriittisessä tilassa oleva kone on helppo tunnistaa ajoissa. (Fitch 2013.)

Öljyanalyysin tarkoituksena on selvittää, mikä on sekä järjestelmän kunto että öljyn kemiallinen ja fysikaalinen kunto. Järjestelmän kunnan selvityksessä saadaan tietää muun muassa epäpuhtauksien määrä, niiden koko, muoto ja väri. Tulosten perusteella voidaan epäillä tiettyjä vikaantumisia. Esimerkiksi jos näytteessä havaitaan pallomaisia kulumishiukkasia, voidaan epäillä laakerivauriota. Kun tarkastellaan puolestaan öljyn kemiallista kuntoa, tutkitaan saatuja tuloksia verrattuna uuden öljyn arvoihin, muun muassa viskositeettia. Kyseisessä toimenpiteessä tarkastellaan myös, kuinka paljon mahdollisia kulumametalleja öljyn seasta löytyy. (Ytm 2024.)

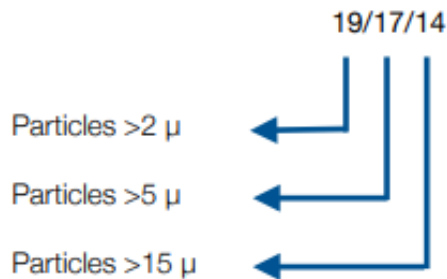
Öljynvaihdon arvioimisen lisäksi öljyanalyysia voidaan hyödyntää moneen asiaan. Mittasuureet, joita analyysin avulla selvitetään, kertovat öljyn tärkeimmistä ominaisuuksista antaen tietoisuutta muun muassa öljyjärjestelmän kunnosta, öljyn luonnollisen hajoamisprosessin vaiheista ja lisättyjen hapettumisenestoainemäärästä. Öljyanalyysia hyödynnetään näiden asioiden lisäksi käytännön toiminnassa. (Fluid Intelligence 2017.)

Valmis öljyanalyysi sisällyttää tuloksiinsa vähintään hiukkasten määrän (ISO 4406 tai NAS 1638), vesipitoisuuden (PPM), viskositeetin, happamuusasteen (TAN), spektrianalyysin eli kuluvat metallit ja lisäainepaketti sekä 0.8 mikronin millipore-suodatinkalvon lietteen havaitsemiseen tai PMC-testiä varten. (Triple 2024). Näiden lisäksi testissä voi olla alkuaineanalyysi, Fourier muunnos, infrapunaspektroskopian testejä, rautatiheys, demulsibiliteettitestausta, peruslukutestausta sekä analyyttinen ferrografiatestaus. (Fitch 2013).

5.2 Standardit

Öljyanalyysien toteuttamisessa ja öljyn kunnan tulkitsemisessa käytetään muutamia standardeja, joiden raja-arvojen mukaisesti öljyn todellinen ja hyväksyttävä kunto todetaan. Standardit kertovat muun muassa sallittuja hiukkaskokoja ja muita olennaisia arvoja, joiden perusteella voidaan havaita vikaantumisia järjestelmässä. Standardit kertovat myös puhtausarvoja näytteen tekemiselle ja näytteenottovälineille. Seuraavaksi esitellään yleisimpiä analyysien teossa käytettäviä standardeja.

Standardi SFS ISO 4406 kertoo hiukkaspitoisuuksista. Kun järjestelmä rikkoutuu äkillisesti, se johtuu useimmiten keskikokoisista hiukkasista, kun taas hitaasti etenevät vikaantumiset johtuvat pienemmistä hiukkasista. (Triple 2024.) Standardin ISO 4406 mukaiset öljyn puhtausluokitukset koostuu kolmesta eri numerosta. Standardissa öljyn hiukkaskontaminaatio määritellään hiukkamäärän perusteella. (ISO 4406, 2024, 1.) Kuviossa 4 esiteltynä ISO 4406 hiukkasmäärät ja taulukossa 1 esiteltynä partikkeleiden määrä.



Kuvio 4. Tyypillinen ISO 4406-hiukkasmäärä (ISO 4406, 2024, 1).

Number of particles per 100ml		
ISO number	From	Till
24	8.000.000	16.000.000
23	4.000.000	8.000.000
22	2.000.000	4.000.000
21	1.000.000	2.000.000
20	500.000	1.000.000
19	250.000	500.000
18	130.000	250.000
17	64.000	130.000
16	32.000	64.000
15	16.000	32.000
14	8.000	16.000
13	4.000	8.000
12	2.000	4.000
11	1.000	2.000
10	500	1.000
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64
5	16	32
4	8	16
3	4	8
2	2	4
1	1	2

Taulukko 1. Partikkeleiden määrä ISO 4406 (ISO 4406, 2024, 1).

NAS 1683 standardissa hiukkaset ovat jaettuna viiteen hiukkaskokoalueeseen. Hiukkaskokoja on pienistä 5 mikronin kokoisista hiukkasista yli 100 mikroniin saakka. Standardissa viitataan saastekuormitukseen, jonka perustana jaotellaan hiukkaskokoja tiettyjen hiukkaskokojen osalta. (Triple 2024.) Hiukkasmäärät esiteltynä NAS asteikolla taulukossa 2.

Particle Size (μ)	NAS GRADE (n° in 100 ml)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5-15 μ	500	1.000	2.000	4.000	8.000	16.000	32.000	64.000	128.000	256.000	512.000	1.024.000
15-25 μ	89	178	356	712	1.425	2.850	5.700	11.400	22.800	45.600	91.000	182.400
25-50 μ	16	32	63	126	253	506	1.012	2.025	4.050	8.100	16.200	32.400
50-100 μ	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1.440	2.880	5.760
> 100 μ	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1.024

Class range with Triple R
New fresh oil

Taulukko 2. Nas asteikko (NAS 1638, 2024, 1).

ISO 3448 standardi kertoo kinemaattisviskositeettitasoja, jonka avulla voiteluaineiden toimittajat, käyttäjät sekä laitesuunnittelijat tietävät yhdenmukaisen perustan voiteluaineiden nimeämiselle sekä valinnalle. Valinnat aineeseen on tehtävä kinemaattisen viskositeetin mukaan. Voiteluainetoimittajat varmistavat, että heidän jokainen aineensa kuuluu johonkin 20 viskositeettiiluokasta. Standardissa mainitaan, että autojen voiteluaineet eivät sovellu laajennettavaksi teollisuusvoiteluaineisiin. (ISO 3448, 1992, 4–5.) Taulukossa 3 on esiteltynä viskositeetin raja-arvot standardin mukaisesti ja taulukossa 4 ISO-viskositeettiiluokitus ja vastaavat kinemaattiset viskositeetit erilaisilla lämpötilat erilaisille viskositeetti-indekseille.

ISO viscosity grade	Mid-point kinematic viscosity mm ² /s at 40 °C	Kinematic-viscosity limits mm ² /s at 40 °C	
		min.	max.
		ISO VG 2	2,2
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650
ISO VG 2 200	2 200	1 980	2 420
ISO VG 3 200	3 200	2 880	3 520

Taulukko 3. viskositeetti (ISO 3448, 1992, 6).

ISO viscosity grade	Kinematic-viscosity range mm ² /s at 40 °C	Approximate kinematic viscosity at other temperatures for different values of viscosity index								
		Viscosity index = 0			Viscosity index = 50			Viscosity index = 95		
		mm ² /s at 20 °C	mm ² /s at 37,8 °C	mm ² /s at 50 °C	mm ² /s at 20 °C	mm ² /s at 37,8 °C	mm ² /s at 50 °C	mm ² /s at 20 °C	mm ² /s at 37,8 °C	mm ² /s at 50 °C
ISO VG 2	1,98 to 2,42	(2,92 to 3,67)	(2,05 to 2,52)	(1,69 to 2,03)	(2,87 to 3,69)	(2,05 to 2,52)	(1,69 to 2,03)	(2,92 to 3,71)	(2,06 to 2,52)	(1,69 to 2,03)
ISO VG 3	2,98 to 3,52	(4,60 to 5,99)	(3,02 to 3,71)	(2,37 to 2,83)	(4,59 to 5,92)	(3,02 to 3,70)	(2,38 to 2,84)	(4,58 to 5,83)	(3,01 to 3,69)	(2,39 to 2,86)
ISO VG 5	4,14 to 5,06	(7,39 to 9,60)	(4,38 to 5,38)	(3,27 to 3,91)	(7,25 to 9,35)	(4,37 to 5,37)	(3,29 to 3,95)	(7,09 to 9,03)	(4,36 to 5,35)	(3,32 to 3,99)
ISO VG 7	6,12 to 7,48	(12,3 to 16,0)	(6,55 to 8,05)	(4,63 to 5,52)	(11,9 to 15,3)	(6,52 to 8,01)	(4,68 to 5,61)	(11,4 to 14,4)	(6,50 to 7,98)	(4,76 to 5,72)
ISO VG 10	9,00 to 11,0	20,2 to 25,9	9,73 to 12,0	6,53 to 7,93	19,1 to 24,3	9,68 to 11,9	6,65 to 7,99	18,1 to 23,1	9,64 to 11,8	6,79 to 8,14
ISO VG 15	13,5 to 16,5	33,5 to 43,0	14,7 to 18,1	9,43 to 11,3	31,6 to 40,6	14,7 to 18,0	9,62 to 11,5	29,8 to 38,3	14,6 to 17,9	9,90 to 11,8
ISO VG 22	19,8 to 24,2	54,2 to 69,8	21,9 to 26,8	13,3 to 16,0	51,0 to 65,9	21,7 to 26,6	13,6 to 16,3	48,0 to 61,7	21,6 to 26,5	13,9 to 16,6
ISO VG 32	28,8 to 35,2	87,7 to 115	32,0 to 39,4	18,6 to 22,2	82,6 to 109	31,9 to 39,2	19,0 to 22,6	76,9 to 99,7	31,7 to 38,9	19,4 to 23,3
ISO VG 46	41,4 to 50,6	144 to 189	46,6 to 57,4	25,5 to 30,3	133 to 172	46,3 to 56,9	26,1 to 31,3	120 to 152	45,9 to 56,3	27,0 to 32,5
ISO VG 68	61,2 to 74,8	242 to 315	69,9 to 85,0	35,9 to 42,8	219 to 283	69,2 to 85,0	37,1 to 44,4	193 to 244	68,4 to 83,9	38,7 to 46,6
ISO VG 100	90,0 to 110	402 to 520	104 to 127	50,4 to 60,3	356 to 454	103 to 126	52,4 to 63,0	303 to 383	101 to 124	55,3 to 66,6
ISO VG 150	135 to 165	672 to 862	157 to 194	72,5 to 86,9	583 to 743	155 to 191	75,9 to 91,2	486 to 614	153 to 188	80,6 to 97,1
ISO VG 220	198 to 242	1080 to 1390	333 to 386	102 to 123	927 to 1 180	230 to 282	108 to 129	761 to 964	226 to 277	115 to 138
ISO VG 320	288 to 352	1720 to 2210	541 to 619	144 to 172	1460 to 1870	337 to 414	151 to 182	1160 to 1500	331 to 406	163 to 196
ISO VG 460	414 to 506	2700 to 3480	495 to 608	109 to 239	2290 to 2930	488 to 599	210 to 252	1810 to 2300	478 to 587	228 to 274
ISO VG 680	612 to 748	4420 to 5680	739 to 908	283 to 339	3700 to 4740	728 to 894	300 to 360	2880 to 3650	712 to 874	326 to 393
ISO VG 1 000	900 to 1 100	7 170 to 9 230	1 100 to 1 350	400 to 479	5 960 to 7 640	1 080 to 1 330	425 to 509	4 550 to 5 790	1 050 to 1 290	466 to 560
ISO VG 1 500	1 350 to 1 650	11 900 to 15 400	1 600 to 2 040	575 to 688	9 850 to 12 600	1 640 to 2 010	613 to 734	7 390 to 9 400	1 590 to 1 960	676 to 812
ISO VG 2 200	1 980 to 2 420	19 400 to 25 200	2 160 to 3 020	810 to 970	15 900 to 20 400	2 420 to 2 970	865 to 1 040	11 710 to 15 300	2 350 to 2 890	950 to 1 150
ISO VG 3 200	2 880 to 3 520	31 180 to 40 300	3 610 to 4 435	1 130 to 1 355	25 360 to 32 600	3 350 to 4 360	1 210 to 1 450	19 450 to 24 500	3 450 to 4 260	1 350 to 1 620

NOTE – Values in parentheses have been derived by extrapolation and are approximate.

Taulukko 4. ISO-viskositeettiluokitus ja vastaavat kinemaattiset viskositeetit erilaisilla lämpötilat erilaisille viskositeetti-indekseille (ISO 3448, 1992, 8).

Luokittelun periaatteena kunkin laadun keskipisteen kinemaattisen viskositeetin tulisi olla 50 prosenttia suurempi kuin edellisen. Standardi ei tarkoita laadunarviointia, pelkästään tietoa kinemaattisista määrittelyistä 40 asteen lämpötilassa. Standardissa ei oteta kantaa muissa lämpötiloissa oleviin öljyihin sen enempää, kuin että ne laskevat ja nousevat voiteluaineen ominaisuuksien mukaisesti. Standardi on kansainvälinen. (ISO 3448, 1992, 5–6.)

5.3 Mittaustavat

Analyysiin voidaan käyttää muutamaa erilaista mittaustapaa, joita käydään seuraavaksi läpi. Ensimmäiseksi esittelyssä on mikroskooppianalyysi, joka näkyy kuvassa 3. Se on laboratoriossa tehtävä analyysi ja näyte otetaan pulloon, johon on suoritettu erikoispuhdistus. Mikroskoopilla vauriot havaitaan huomattavasti aikaisemmin kuin mittalaitteilla. Vaurion havaitsemisen lisäksi mikroskoopilla nähdään mahdollisten epäpuhtauksien hiukkaskoko, muoto ja väri, jolloin voidaan päätellä mistä se on peräisin. Oikeilla menetelmillä suoritettu sekä tutkittu öljynäyte antaa tietoa koneen kunnosta ja järjestelmän puhtaudesta. Öljyanalyysin käyttöönottamisen jälkeen voidaan säästää rahaa, aikaa sekä ympäristöä. Mikroskoopilla suoritettava analyysi kuitenkin vie aikaa ja näytteen ottamisajankohdalla on vaikutus analyysin lopputulokseen. (Ytm 2024.)



Kuva 2. Kuva mikroskoopilla tehtävästä öljyanalyysistä (RL Engineering 2024).

Automaattinen partikkelilaskuri (APC) on valonpeittomenetelmään perustuva mittalaite. Kyseinen partikkelilaskuri kuvassa 3. Mittalaitteissa on muun muassa muisti mittaustuloksille, sisäänrakennettu pumppu, monipuolinen ohjelmisto ja sillä voidaan suorittaa kenttämittauksia sisäisen akun ansiosta. Hiukkaslaskenta suoritetaan muutamille hiukkaskoille ja sen tuloksia voi häiritä öljyn sameus, vesipisarot, öljyn lisäaineet ja korkea viskositeetti. Soveltuu hydraulikkakohteisiin, jossa korkea paine ja vähäisesti häiriötekijöitä. (Ytm 2024.) Partikkelilaskureita on saatavilla pöytämallina sekä kannettavana mallina. Niitä on mahdollista saada myös jatkuvaan partikkelilaskentaan. (Perel 2024a.)



Kuva 3. Automaattinen partikkelilaskuri (Perel 2024b).

Öljyn kuntoa voidaan tutkia myös puhtausanalysointilaitteella (PMC) jossa öljyn epäpuhtaudet näkyvät kalibroidun verkon yli muodostuneista paine-eroista. Puhtausanalysointilaitteeseen esitely kuvassa 4. Puhtausanalysointilaitteeseen on pitkälle tuotetettu ja se mittaa puhtautta, kosteutta, lämpöä ja viskositeettia. Puhtausanalysointilaitteeseen ei ilmesty häiriöitä esimerkiksi vesipisaroiden ja ilman vuoksi, koska ne kulkeutuvat mittausverkon läpi, joihin puolestaan tarkasteltavat epäpuhtaudet jäävät kiinni. Öljyn sameus ei aiheuta häiriöitä. Kyseisellä analysointilaitteella voidaan mitata hydraulikka- sekä voitelujärjestelmiä. Järjestelmä antaa ISO-puhtauskoodit useimmille nesteiden tyypeille kaikenlaisessa ympäristössä. (Ytm 2024.)



Kuva 4. Puhtausanalysaattori PALL500 (Pall 2024).

Laboratoriotutkimuksen ja laitteiden lisäksi öljyn kuntoa voidaan tutkia mittareilla ja antureilla, joiden avulla kunnan tarkkaileminen onnistuu säännöllisesti tai reaaliaikaisesti käyttötarkoituksen ja halutun tavoitteen mukaisesti. Mittarit tai anturit asennetaan osaksi järjestelmää ja niiden avulla voidaan tarkkailla esimerkiksi öljyn kosteutta, vesipitoisuutta, lämpötilaa, painetta ja sähköjohtokykyä. (Ytm 2024.)

5.4 Näytteenottaminen ja välineet

Öljyanalyysia ottaessa tulee huomioida oikeanlaiset menetelmät. Jos näyte otetaan väärin tai epäpuhtailla välineillä, vaikutus analyysin tuloksiin on merkittävä. Huomioon on myös otettava haluttu tarkoitus, koska eri vaiheessa otetut näytteet kertovat öljystä erilaisia asioita. On tärkeää, että testi suoritetaan jokaisella kerralla samalla tavalla tuloksien seurattavuuden vuoksi (Fuchs 2024).

Näytteenottoaika valitaan halutun näytteen laadun ja tarkoituksen sekä valitun edustavuuden tason perusteella. Perusteena on myös helppo pääsy näytteenottoaikaalle, joka on näytteenottajan kannalta ergonomista. Hankalat näytteenottoaikat ovat vaadittavia, jos tarkoituksena on löytää esimerkiksi erityinen vikaantumisen ja näytteenottaminen tietyistä kohdista järjestelmää on suositeltavaa. Jos näytteitä on jouduttu ottamaan eri paikoista, on se otettava huomioon näytteiden tulosten vertailussa. On suositeltavaa dokumentoida organisaation

sisäisesti näytteenottomenetelmä ja sisällyttää siihen näytteenottoväli, näytteenottopaikat kohteittain sekä käytettävä menetelmä. Näytteenottomenetelmien tulee palvella organisaation kunnossapidon tavoitteita. (Fluid Intelligence 2018.)

Näytteenottopaikka voi olla asennettuna järjestelmään valmiiksi tai vaihtoehtoisesti sitä joudutaan soveltamaan. Havainnollistava kuva näytteen ottamisesta on esiteltyä kuvassa 5. Näytteenottopisteen tulee kestää järjestelmän räsitusta niin, ettei se vaurioidu. Mikäli näytteenottamista varten on asennettu venttiili, sen tulee sulkeutua ja sen pää on suojattava korkilla. Yksittäiseen paineettomassa tilassa tapahtuvaan näytteenottoon kuluva sallittu aika on määritelty standardin mukaisesti riippuen näytteenottoputken pituudesta, öljyn lämpötilasta ja näytteenottomäärästä. Jos taas järjestelmässä on painetta, tulee näyte ottaa sellaisesta kohdasta, jossa paine eikä virtaus ei ole liian suuri häiriten näytteenottamista. (Fluid Intelligence 2018.)



Kuva 5. Näytteenottaminen (Studer 2021).

Paluuöljylinjasta otettu näyte on edustava, mikäli kaikki öljy tulee sen läpi. Tämän vuoksi on mahdollista havaita jo hyvin aikaisessa vaiheessa potentiaaliset vauriot järjestelmässä. Kun näyte otetaan pumpun tai pääöljysuodattimen jälkeen, saadaan tietoa järjestelmään menevästä öljystä ja voidaan todeta öljyn kunto sekä suodattimien toiminta vertaillen näytteitä. Öljysäiliön pohjaventtiilistä otettu näyte kertoo säiliössä olevan öljyn kunnosta ja sen avulla voidaan havaita esimerkiksi öljyssä oleva mikrobikasvusto. Öljysäiliön näytteenottoventtiilin kautta otetusta näytteestä nähdään tulokset suoraan öljysäiliöstä. Näyte

voidaan ottaa näiden lisäksi myös sivukierrosta, jolloin näytteen edustettavuutta arvioidaan sivulinjan imulinjan mukaisesti. Näytteenottopaikan on vastattava näytteenoton tarkoitusta ottaen huomioon sen erityiset ominaisuudet. (Fluid Intelligence 2018.) Yleensä suositaan ylöspäin virtausta sekä pumpun ja offline-suodattimen suodatinkotelon välistä otettua näytettä, sillä näin otettuna voidaan nähdä öljynäyte mahdollisesti saastuneimmasta kohdasta ja saada mahdollisimman paljon tietoa koko järjestelmästä saastumisen suhteen. (Triple 2024).

Näytteenottamiseen tarkoitetut välineet määritellään standardeissa. Näytteenottoastioiden on oltava puhtaita ja niiden vähimmäispuhtaustaso on määritelty ISO 4406 mukaiseksi puhtaustasoksi. Erilaisille öljyalaajille on määritelty omat näytteenottopullojen materiaalit. Mineraaliöljylle suositellaan ensisijaisesti kirkasta polyetyleenitereftalaattista pulloa (PET). Fosfaattiesteriöljylle suositellaan borosilikaattilaista pulloa. Erilaista menetelmää tulee käyttää myös kaasupitoisuuden mittaukseen, jonka vuoksi näyte öljy ei saa olla kosketuksessa ilmakehän kanssa. Silloin näytteenottovälineen tulee olla lasinen ruisku 3-tieventtiilillä. Näytteenottopullojen tulee olla uusia ja puhtaita, niitä ei käytetä uudelleen. (Fluid Intelligence 2018.) Näytteenottopullojen lisäksi muun muassa näytteenottoon käytettävät letkut sekä muut välineet tulee olla puhtaita, jotta ylimääräisiltä partikkeleilta analyysissä vältyttäisiin.

5.5 Analyysin odotettuja hyötyjä

Analyysien avulla saadaan tietoa öljyn käyttökelpoisuudesta sekä siitä, missä vaiheessa elinkaartansa se on. Analyysien avulla saadaan lisäksi paljon hyödyllistä tietoa koko järjestelmän elinkaaren ajalle ja osataan varautua vikaantumisiin. Analyysien avulla voidaan tutkia, onko järjestelmässä vaurioita, joihin tulisi reagoida varhaisessa vaiheessa. Saadaan selville neutralisointiluku ja sen perusteella muuttuneen viskositeetin aiheuttama öljynvaihdon tarve. Analyysi myös kertoo, mikä on öljyn ISO 4406 mukainen partikkelien kappalemäärä. (Fluid Intelligence 2017.)

Kun halutaan selvittää öljyn kemiallista kuntoa, saadaan analyysin perusteella vastauksia muun muassa seuraaviin kysymyksiin: vastaako näyte öljytunnistetta, ovatko lisäaineet aktiivisia tai loppuneet, onko viskositeetti muuttunut.

Epäpuhtauksien havaitseminen puolestaan voi kertoa, onko öljy puhdasta, millaisia epäpuhtauksia öljyssä on, havaitaanko muun tyyppisiä voiteluaineita, merkit sisäisestä vuodosta. Järjestelmän kuntoa selvitetessä saadaan tietää esimerkiksi, kuinka vakava kulumistila on ja millaisesta komponentista kuluminen mahdollisesti johtuu. (Fitch 2013.)

Onnistuneen öljyanalyysin hyödyt ovat kattavia. On kuitenkin otettava huomioon oikeaoppinen näytteen ottaminen sekä näytteenoton vaiheet. Näiden lisäksi analyysin haluttu käyttötarkoitus tulee ottaa huomioon ja jos haluttuja tuloksia ei saavuteta, on mietittävä uudelleen miksi halusi näytteen loppujen lopuksi tehdä. Näytteestä saa paljon enemmän irti kuin vain sen onko öljy enää käyttökelpoista, vaikka sekin on tärkeää tietoa koneen toiminnan kannalta.

6 Analyyseihin valittavat koneet

6.1 ExactCut TAC 105

Ensimmäisen koneen virkaa toimittaa ExactCut TAC 105 automaattinen pyörösaha (kuvassa 8.). Sahalla leikataan terästankoja- tai profiileja ja leikattavan materiaalin katkaisu tapahtuu 90 asteen kulmassa. Tarkat leikkaukset pyörösahalla takaa maksimaalinen värinänvaimennus, jossa hyödynnetään polymeerikomposiittia. Lisälaitteita sahassa on siirtolaite/kuljetin, hihnakuljetin lajitteluläpällä ja tankonippukuljetin, joka on jatkoa syöttökuljettimelle. Sahaa ajetaan kolmessa eri vuorossa ja sahauskerrat koneen kolmen vuoden elinikänä ovat 27 2663 kertaa. Koneen ohjekirjan mukaan hydraulioöljyt tulisi vaihtaa tarvittaessa vuosittain.



Kuva 6. ExactCut TAC 105 (T-Series 2023).

Kierrosnopeus sahassa on 67–245 r/min-1 ja leikkausnopeus 60-220 r/min/1. Syötettävän materiaalin pituus voi vaihdella 2000 millimetristä 12000 millimetriin. Hydraulijärjestelmän työpaine on 20–40 baaria. Hydrauliöljynä käytetään ISO VG 32 mukaisia öljyjä, tässä tapauksessa Neste Hydraulic 32 ja öljyn määrä säiliössä on 45 litraa, säiliö kokonaisuudessaan on 80 litran suuruinen. Säiliössä on paluusuodatin käytössä.

6.2 Automaattisorvi INDEX G220

Toisena koneena analyysien tekoa varten on valittuna automaattisorvi, INDEX G220. Automaattisorvi työstää kappaleita kolmessa eri vuorossa ja se on noin kaksi vuotta vanha. Öljynvaihdon aikaväliksi on asetettu 4000 tuntia. Hydraulii-
kan käyttötunnit koneen elinikänä ovat 10196 tuntia. Öljynä säiliössä käytetään Neste Hydraulic 32 ja järjestelmässä on painesuodattimia käytössään. Hyd-
rauliikanestesäiliön koko on maksimissaan 78 litraa ja minimissä 64 litraa.



Kuva 7. Index G220 (oikealla) (Index-group 2024).

Sorvissa on identtiset pää- ja vastakarat ja sorvin istukka ylettyy halkaisijaltaan jopa 230 millimetriin saakka, tangot maksimissa 76 millimetriä. Sorviin sopii 169 työkalua, joten työstöominaisuudet ovat laajat. Työalue on maksimissaan 900 millimetrisille pituuksille ja käytettävissä on erilaisia koneistusvaihtoehtoja. Indexissä on suuri kiihtyvyyttä sekä liikenopeus, joka ylittää 50 metriin minuutissa. Kyseinen sorvimalli työstää pienempiä kappaleita, korkealla suorituskyvyllä.

7 Kustannusten vertailu

Kustannusten vertailussa on otettu huomioon kustannukset muun muassa öljystä, suodattimista, työstä sekä muista resursseista, joita öljyn vaihtoon liittyy.

Analyysien puolelta huomioon on otettu kokonaishinta analyysistä, johon kuuluu analyysin välineistö, tulokset, ohjeistus ja muu tarvittava sekä mahdollisten suodattimien vaihtaminen. Yksityisyyden suojan syystä, tarkkoja hintoja kustakin kohteesta ei kerrota. Hinnat analyysille perustuvat tarjouksien mukaan, joten näiden julkaiseminen ei ole suotavaa.

Öljynvaihdon kustannuksiin on otettu huomioon työ, öljy sekä sen käsittelystä aiheutuvat kustannukset, välineet muun muassa suodatinkärry, työkalut ja suodattimet. Salassapito sopimuksien puitteissa kyseisiä tarkkoja summia eriteltyinä toisistaan ei ilmoiteta tässä yhteydessä. Öljymäärät ovat melko suuria, joten öljylle tulee runsaasti hintaa ja sen päälle sahaan yksi suodatin ja sorviin kolme kappaletta suodattimia.

Jo pelkän öljyn hinnan perusteella voidaan todeta, että analyysien hyödyntäminen pitkällä aikavälillä on kannattava ratkaisu kustannusten perusteella. Molempien koneiden analyysipakettien hinta yhteensä on suurin piirtein kolmasosa koneiden öljyn sekä suodattimien hinnasta. Jos suodattimet jätetään laskusta ulkopuolelle, on analyysi paketit joka tapauksessa edullisemmat kuin öljyn hinta. Myös työstä tulee lisää hintaa sekä välineistä. Jos öljynvaihto osoittautuu analyysillä tarpeettomaksi ja öljy vielä käyttökuntoiseksi, on säästöt huomattavia. Asia on eri, jos tehdään molemmat aina, mutta siinäkin tapauksessa koneen järjestelmän ja toiminnan kannalta ehdotonta eikä missään nimessä haitallista analyysien seurattavuuden vuoksi.

8 Tulokset

8.1 Yleisesti

Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että öljyanalyysien hyödyntäminen on varsin kannattava toimenpide yhtenä osana ennakoivaa kunnossapitoa. Sen lisäksi, että analyysistä saatiin selville hyödyllistä tietoa öljyn vaihtotarpeesta, saatiin tietää öljyn todellinen viskositeetti, sen puhtausluokka ISO 4406-standardin mukaisesti, öljysakan määrä, veden määrä järjestelmässä sekä öljyn väri. Tuloksista selvisi perusteellista tietoa öljyn puhtaudesta, jonka

perusteella voidaan tehdä päätös sekä tulkinta öljyn vaihtotarpeesta niin mikroskooppikuvien perusteella kuin kirjallisen, laboratoriosta tulevan selvityksen perusteella.

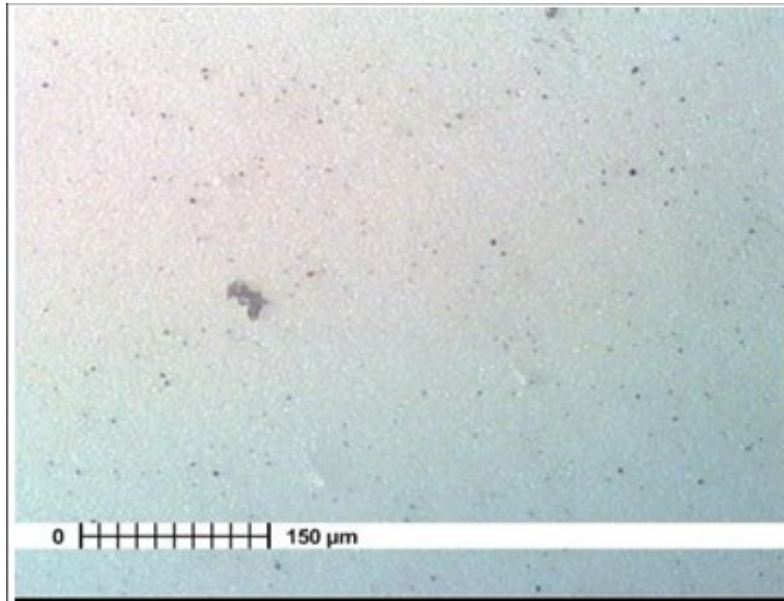
Näytteenottovälineenä opinnäytetyössä toimi imupumppu, jota mahdollisesti olisi tarkoitus hyödyntää myös jatkossa. Imupumpulla pumpattiin öljyä putken kautta näytepulloon. Imupumpulla aikaansaatiin alipaine, joka mahdollisti öljyn sujuvan kulkeutumisen näytteenottopulloon. Molempiin koneisiin suoritettiin näytteenotto samalla menetelmällä, ensiksi niin sanotusti kalibroimalla väli-neistö eli vaihtamalla muovinen letku sekä sen päälle tuleva metallinen putki, joka mahdollisti putken pysymisen paikallaan näytteenottamista varten. Pumpulla pumpattiin öljyä kaksi tai kolmekertaa kaataen ne jäteöljyastiaan, jonka jälkeen näyte otettiin järjestelmän puhdistamisen jälkeen.

Analyysistä olisi ollut mahdollista saada tietää myös, millaisia metalleja sekä muita materiaaleja öljyn seassa olevista hiukkasista löytyi, muun muassa kirkas metalli, ruoste, silika ja polymeerit. Lisäksi olisi ollut mahdollista selvittää kulumametallit, lisäaineet sekä kontaminantit, joita ei tässä yhteydessä ole analysoitu tai otettu huomioon mutta ovat mahdollisia tutkittaviksi. Myös lisäaineiden tutkiminen öljyn seasta olisi mahdollista.

8.2 Pyörösahan tulokset

Sahan tuloksista selvisi, että järjestelmä ei sisällä lainkaan vettä. Vesipitoisuus on selvitetty räätinättestillä, ja sen määrä on alle 0,1 %. Suodatuksen huomioon ottaen, joka tässä tapauksessa oli paluusuodatin, oli öljyn hiukkaspuhtaus normaalia alhaisemmalla tasolla. Öljyn seassa havaittiin erityisesti pieniä hiukkasia eli alle 15 µm, jonka vuoksi suodatuksen parantaminen tai vaihto olisi hyvinkin ajankohtaista. Pieniä, eli alle 4 µm kokoisia hiukkasia oli 50 millilitraa suodate-tussa näytteessä kaikkein eniten, tällä tarkoitetaan yli 100 000 kappaletta sadaassa millilitrassa öljynäytettä. Myös 5–6 µm kokoisia hiukkasia oli reilusti. Alle 15, mutta yli 14 µm kokoisia hiukkasia oli vähiten. Sellaisia kulumisen merkkejä öljyn seasta, jotka ovat epätavallisen tai ankaran kulumisen aiheuttamia ei havaittu. Viskositeetti vastaa sitä, mikä sen kuuluukin olla eli tässä öljy-laadussa ja

käyttölämpötilassa 32 µm, analyysin tuloksessa se oli 31,60 µm, joten heitto on todella mitätön. Kuvassa 10 mikroskoopilla otettu kuva sahan öljynäytteestä.



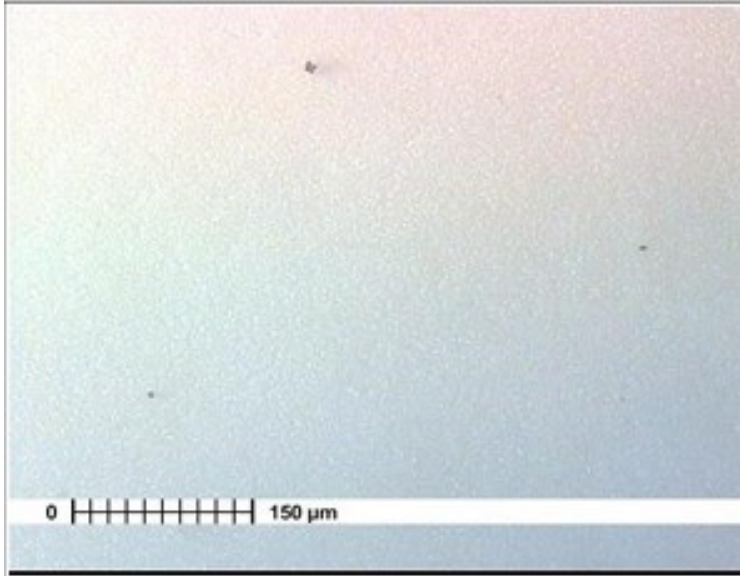
Kuva 8. Mikroskooppikuva sahan öljynäytteestä

Mikroskooppikuvissa näkyi selkeitä hiukkasia, josta analyysin mukaisestikin on syytä huomioida suodattimen kunto ja suodatusteho. Tämän lisäksi öljynvaihto olisi ajankohtaista koneelle niin analyysin, kuin huoltokellon mukaisestikin. Ohjeistuksena koneen käyttöohjeessa oli, että öljyt tulisi vaihtaa tarvittaessa vuosittain. Kone on ollut talossa jo kaksi vuotta, joten öljynvaihto oli tämänkin puolesta ajankohtaista. Jatkossa tulisi kiinnittää huomiota järjestelmän suodatukseen niin, ettei seuraavan kerran otettavassa näytteessä olisi niin paljon hiukkasia. On mahdollista, että koneen hydraulioöljyillä voi ajaa uudet kaksi vuotta, kun välissä tekee öljyanalyysin varmistaakseen öljyn kunnon.

8.3 Automaattisorvin tulokset

Automaattisorvin tulokset olivat melko positiiviset sekä paremmat puhtaustasoltaan kuin sahasa. Sorvin järjestelmässä oli käytössä painesuodattimet, joita oli kolme kappaletta. Suodatusaste huomioiden, hiukkaspitoisuus oli normaalilla tasolla. Se tarkoittaa, että järjestelmän puhtaus sekä suodatus olivat kunnossa siitä huolimatta, että vaihto öljylle olisi ajankohtaista huoltokellon mukaisesti. Hiukkasten määrä oli maksimissaan noin 40 000 kappaletta 100 millilitraa

öljynestettä kohden. Nämä olivat nimenomaan erittäin pieniä hiukkasia, alle 4 μm . Vesipitoisuus oli miltei mitätön, eli alle 0.1 %. Hiukkasten määrä näkyy kuvassa 10. Öljyn seassa ei havaittu öljysakkaa. Epätavallisia tai ankaran laisia kulumisen merkkejä ei havaittu myöskään tässä tapauksessa.



Kuva 9. Mikroskooppikuva sorvin öljynäytteestä

Öljyn viskositeetti vastasi sitä, mitä siltä odotettiin. Viskositeetti oli 32,04 μm joten heitto neljä sadasosa ylöspäin. Öljyn ulkonäkö oli kirkas ja osittain ruskea. Sen membraanin väri oli valkoinen. Sorvissa ollut öljy oli paljon tummempaa ja keltaisempaa, kuin sahassa vaikka niissä käytetään samaa öljylaatua eli hydraulic 32 laatuista öljyä. Ilmiö oli mielenkiintoinen, sillä öljy oli sorvissa puhtaampaa väristään huolimatta. Mikroskooppikuvissa öljy oli hyvin puhdasta lukuun ottamatta muutamia laskettavissa olevia hiukkasia. Ohjekirjan mukaan hydraulioöljyt tulisi vaihtaa jo mutta analyysin perusteella öljyn kunto on edelleen käyttökelpoista vähäisten partikkeleiden määrän ansiosta ja näin ollen saman öljyn käyttöä voidaan jatkaa.

9 Pohdinta

Tavoite työssä oli öljyanalyysien uudelleen käyttöönotto Joensuun Konecranes Oyj:n toimipisteelle. Opinnäytetyön aikana sai paljon uutta oppia öljystä

sekä analyyseista, joita ei oppilaitoksissakaan kovin paljoa käydä läpi. Työssä sai hyödyntää omaa osaamista konetekniikan parista ja kuinka voisi tehdä yritykselle parannuksia öljynvaihtoon ennakoivan kunnossapidon näkökulmasta. Analyysien hyödyntäminen kyseisellä toimipisteellä oli ajankohtaista, sillä ekologisuus on tämän hetken trendi sekä se oli asiakkaan toive. Haluttiin pohtia, olisiko kannattavaa muuttaa vanhaa toimintamallia saavuttaakseen jotakin tehokkaampaa ja edullisempaa.

Työtä toteutuksessa ei ilmennyt suurempia ongelmia. Yhteistyö osallisten kanssa sujui moitteettomasti ja työ saatiin hoidettua asianmukaisesti loppuun saakka. Öljynäytteen ottaminen oli helppoa paketin mukana tulleiden ohjeiden ansiosta, joten jatkossa sen käytäntöön otto on helpompaa sen sujuvuuden vuoksi. Näytettä ottaessa oppii koneesta lisää, joten analyyssien tekemisessä on muitakin positiivisia puolia kunnossapidon kannalta, kun analyysin tulokset. Analyysien teossa huomioitavaa on rutiini sekä sen ajoittaminen huoltokelloon, jotta analyyssien tulokset pysyvät luotettavina vuodesta toiseen ja ovat vertailukelpoisia toistensa kanssa. Analyyseista ei ole hyötyä, jos niitä ei suoriteta säännöllisin väliajoin.

Analyysin hinnan vuoksi sitä ei suositeltaisi tehtäväksi kaikista pienimmille koneille, sillä opinnäytetyöhön valittujen sahan sekä automaattisorvin öljysäiliöiden koko oli optimaalinen näytteiden ottamisen kannalta saaden siitä hyödyn irti ja saaden normaalista öljynvaihdosta kustannuksia alaspäin. Suositeltava öljymäärä (tässä tapauksessa puhutaan hydraulioöljystä) olisi noin 45 litrasta ylöspäin, riippuen sen hetkisestä öljyn hinnasta. Kaikista suurimmille koneille on analyysin teko kaikkein kannattavinta. Alle 40 litraiselle, yksittäiselle säiliölle tehtävä analyysi ei tuota tarpeeksi säästöä, että se olisi kustannuksien kannalta hyödyllistä. Tietenkin eri asia on järjestelmän kunnan seurattavuuden vuoksi tehtävät analyysit, mikäli kyse on kriittisestä koneesta ja haluttaisiin vaikka tutkia mahdollisia öljyn seassa olevia vikaantumisista kertovia partikkeleita.

Jatkoa ajatellen olisi suotavaa ottaa tietoa järjestelmän puhtausvaatimuksista sekä likaherkkimmistä komponenteista ja ilmoittaa ne esimerkiksi lisättekstinä näytteen mukana laboratorioon. Tämä sen vuoksi, että laboratorion työntekijät eivät tunne järjestelmää eivätkä näin ollen kykene kommentoimaan puhtaustuloksia sen enempää, kuin mitä analyysin tulos näyttää. Tämän avulla voisi

ymmärtää paremmin järjestelmän puhtautta ja myös asiakas, tai tuloksien tarkkailija olisi kykenevämpi olemaan perillä myös järjestelmän puhtaudesta eikä tällaisista asioista koskaan haittaakaan ole.

Analyysien tulokset kehittyvät luotettavaksi välineeksi tarkkailla öljyn kuntoa, kun niitä tehdään useamman kerran. Ensimmäisellä näytteenotokerralla ja koneella, jota ei aikaisemmin kyseisessä huoltopiirissä ole huollettu tai öljyjä vaihdettu, ei ole aikaisempaa tulosta, johon edellistä verrata. Seuraavan kerran kun analyysi suoritetaan, voidaan verrata uutta ja vanhaa analyysia ja tarkkailla mitä muutoksia öljyn laadussa on tapahtunut ja arvioida todellista öljynvaihtoväliä luotettavammin ja todenmukaisemmin.

Lopuksi haluaisin kiittää toimeksiantajaani Konecranes Oyj:ta mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö sekä kiitos kaikesta avusta Timo Väänäselle. Kiitos myös opinnäytetyön ohjaajalleni Marko Tiaiselle yhteistyöstä.

Lähteet

- Aarnio, M., Haili, E., Holmila, A., Hulkko, M., Jauhiainen T., Kuvaja, J., Latvanen, H., Luomala, V., Malinen, R., Niemelä, M., Nousiainen, T., Partanen, L., Pulkkinen, P., Ronkainen, H., Saastamoinen, A., Römpötti, M., Virolainen, T., Tilus, T. 2013. Teollisuusvoitelu.
- Fitch, B. 2013. Oil Analysis Explained. <https://www.machinerylubrication.com/Read/29598/oil-analysis-report>. 9.3.2024
- Creativeworks. 2020. Mitä on teollisuushydrauliikkaöljy? <https://creativeworks.fi/mita-on-hydrauliikkaoljy/>. 5.4.2024
- Emaint. 2024. What is preventive maintenance? <https://www.emaint.com/what-is-preventive-maintenance/>. 11.3.2024
- Fluid Intelligence. 2017. Miksi öljyn kuntoa seurataan? <https://fi.fluidintelligence.fi/news/2017/11/6/miksi-lijyn-kuntoa-seurataan>. 6.3.2024
- Fluid Intelligence. 2018. Päivitys öljynäytteenottoon. 25.1.2018. <https://fi.fluidintelligence.fi/news/2018/1/25/pivitys-ljynnytteenottoon-astm-d8112-17>. 6.3.2024
- Fuch, 2024. Miksi öljyanalyysi? <https://www.fuchs.com/fi/fi/tuotteet/palvelulinkit/oeljyanalyysit/>. 10.3.2024
- Gofmx. Preventive maintenance. 2024. <https://www.gofmx.com/preventive-maintenance/>. 16.3.2024
- Index-group. 2024. Index G220. <https://www.index-group.com/en/products/turn-mill-centers/index-g2003-index-g220>. 18.5.2024
- ISO 3448. 1992. Teollisuuden nestemäiset voiteluaineet - ISO viskositeettiluokitus. <https://btppo.com/download/training/Standards%20serie%201/ISO%203448-%20Viscosity.pdf>. 21.3.2024
- ISO 4406. 2024. Kansainväliset hiukkaslaskentastandardit ISO 4406. <https://www.triple-r-europe.com/wp-content/uploads/2023/11/iso440637534.pdf>. 11.3.2024
- Järviö, J., Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen.
- Konecranes. 2023a. Tilinpäätöskatsaus 2023. <https://investors.konecranes.com/sites/konecranes/files/pr/202402020990-1.pdf?ts=1707804895>. 20.2.2024.
- Konecranes. 2023b. Mts yleisesite 2023. https://www.konecranes.com/sites/default/files/2023-11/kc_service_mts_yleisesite_1.pdf. 21.2.2024.
- Konecranes. 2024a. Lyhyesti: Yrityskaupat. 18.1.2024 <https://investors.konecranes.com/fi/yrityskaupat>. 20.2.2024
- Konecranes. 2024b. About: History <https://www.konecranes.com/about/history>. 21.2.2024
- Konecranes. 2024c. Lyhyesti: Markkinat. 18.1.2024 <https://investors.konecranes.com/fi/markkinat>. 20.2.2024
- Konecranes. 2024d. Lyhyesti. 18.1.2024 <https://investors.konecranes.com/fi/konecranes-lyhyesti>. 20.2.2024
- Laine, M. 2023. Tekoöljyn hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa – viisi tapaa tehostaa toimintaa. 12.4.2023. Blogi. <https://blog.spotilla.com/fi/teko%C3%A4lynyhy%C3%B6dynt%C3%A4minen-kunnossapidossa>. 17.3.2024.
- Lelubricants. 2024. Gear oils. <https://lelubricants.com/lubricants/gear-oils/>. 10.4.2024
- Luomala, V., Jortikka, V-M., Anttonen, P., Holmila, A., Julku, M., Jåfs, R., Kakko, J., Kallio, P., Lahtinen, J., Luotamo, J-P., Nurmi, T., Näivä, J., Rinkinen, J., Vainio, Kai., Ylönen, V. 2018. Öljyn kunnossapito. Promaint.
- NAS 1638. 2024. Kansainväliset hiukkaslaskentastandardit NAS 1638. <https://www.triple-r-europe.com/wp-content/uploads/2023/11/nas1638-kopie.pdf>. 10.3.2024
- Perel, 2024a. Partikkelilaskurit. <https://www.perel.fi/tuotteet/44325510/partikkelilaskurit>. 9.3.2024

- Perel, 2024b. Hiukkaslaskuri. <https://www.perel.fi/tuotteet/44357902/hiukkaslaskuri-solair-5100-3100?s=nd>. 9.3.2024
- Promaint. 14.4.2014. Mitä öljyssä tulee seurata? <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Mita-oljyssa-tulee-seurata>. 5.4.2024
- RL Engineering. 2024. Oil analysis. <https://rlengineering.co.uk/services/oil-analysis-flushing>. 9.3.2024
- SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardisoi-
misliitto SFS.
- SFS-EN 15341. 2007. Kunnossapito. Kunnossapidon avaintunnusluvut. Suomen Standar-
disoimisliitto SFS.
- Triple R. 2024. Öljynäytteen analysointi. <https://www.triple-r-europe.com/fi/tribologia/oljy-analyysi/>. 29.2.2024
- T-series. 2023. TAC-series circular saws. <https://tserie.exactcut.cz/en/circular-saws/>. 18.5.2024
- Upkeep. What is preventive maintenance? 2024. <https://upkeep.com/preventive-maintenance/>. 17.3.2024
- Vaisala. 2024. Kannettava öljynkosteusmittari <https://www.vaisala.com/fi/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/mm70>. 9.4.2024
- Valvoline. 2024. Types of industrial oil. <https://www.valvolineglobal.com/en-eur/types-of-industrial-oil/>. 16.4.2024
- Väänänen, T., Laukkanen, E. 2024. Konecranes Oyj Joensuu. Sähköpostiviesti. 21.2.2024
- Ytm. 2024. Öljyanalyysi ja öljyn kunnonvalvonta. <https://www.ytm.fi/oljyanalyysi-ja-oljyn-kunnonvalvonta/>. 6.3.2024
- Zach Studer. MFA Oil, 2021. <https://www.mfaoil.com/oil-sampling-best-practices/>. 10.3.2022